This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

University of Wisconsin
LIBRARY
Class ST
Book .H88

TRAITÉ

DES

CHEMINS DE FER

D'INTÉRÊT LOCAL

DU MÊME AUTEUR

Traité complet des Chemins de fer. — Trois volumes grand in-8°, avec 700 gravures dans le texte..... 50 fr.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

TRAITÉ

DES

CHEMINS DE FER

D'INTÉRÊT LOCAL

CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE

TRAMWAYS

CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE ET FUNICULAIRES

PAR

G. HUMBERT

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

Maison à Liège, rue des Dominicains, 7

—

1893

Tous droits réservés.

6433135

55203
OCT 9 1900

ST
.H88

AVANT-PROPOS

Le livre que nous présentons aujourd'hui au public traite spécialement des chemins de fer d'intérêt local, des chemins de fer à voie étroite et des tramways.

Il contient le développement d'un sujet que nous avons abordé sommairement dans la sixième partie de notre *Traité complet des Chemins de fer* (Paris, 1891). Il nous a paru intéressant d'étudier avec plus de détails les diverses questions qui se rattachent à l'établissement des lignes d'intérêt local, dont un grand nombre restent encore à construire en France et pour lesquelles l'adoption de la voie étroite s'impose dans la plupart des cas. Nous traitons aussi des tramways, c'est-à-dire des lignes d'un caractère modeste, établies avec la plus grande économie, en empruntant sur tout ou partie de leur longueur le sol des routes. Ces diverses natures de voies ferrées se développent de plus en plus en France et les règles relatives à leur construction et à leur exploitation peuvent être formulées avec précision.

Le lecteur retrouvera, d'ailleurs, dans la présente étude, la reproduction de quelques parties de notre publication antérieure. Nous avons pensé qu'il n'y avait pas lieu de changer notre rédaction lorsque le sujet n'appelait pas de développements nouveaux.

D'autres parties, au contraire, ont été notablement augmentées ou modifiées, pour être mises au courant de l'état actuel de la question.

Nous avons fait suivre ce travail d'une étude sommaire des chemins de fer à crémaillère et des chemins de fer funiculaires ; ces systèmes de chemins de fer, qui répondent à des besoins spéciaux, commencent à se répandre, et il nous a paru intéressant d'en résumer les dispositions principales.

Le présent ouvrage comprend six parties, savoir :

1° *Considérations générales*, contenant l'historique des chemins de fer d'intérêt local, l'étude du régime légal auquel ils sont soumis, l'appréciation de l'utilité qu'ils peuvent présenter, l'examen et la discussion des différents modes de construction et d'exploitation employés, et faisant ressortir la convenance de l'adoption, dans la plupart des cas, d'une largeur de voie inférieure à la largeur normale des grands réseaux ;

2° *Infrastructure*, comprenant le tracé, les terrassements et ouvrages d'art, les clôtures, les dépenses ;

3° *Superstructure*, contenant la voie et ses accessoires, les gares et stations, l'évaluation du trafic probable, les signaux, les dépenses ;

4° *Matériel roulant et traction*, comprenant le matériel à voyageurs et à marchandises, l'étude de la résistance des trains et de la charge des machines, les différents types de locomotives, les voitures automotrices pour tramways, et se terminant par le résumé des dépenses d'établissement d'une ligne à voie étroite ;

5° *Exploitation*, comprenant l'étude des différents services qui se rattachent à l'exploitation technique et commerciale des petites lignes, les frais de transbordement, l'impôt sur la grande vitesse, les dépenses d'exploitation.

6° *Chemins de fer exceptionnels*, contenant une étude sommaire des lignes à crémaillère et funiculaires.

Nous reproduisons, en outre, aux annexes, divers documents relatifs au calcul de la résistance des rails, à la pose de la voie, aux frais de transbordement et à un appareil ingénieux appliqué depuis peu sur le réseau de l'État pour la pénétration d'une ligne à voie étroite à l'intérieur d'une ligne à voie normale.

Enfin, aux documents officiels, nous donnons le texte des lois et règlements principaux relatifs aux chemins de fer d'intérêt local.

Nous espérons que le présent ouvrage pourra être utile à tous ceux qui ont à s'occuper de l'établissement de ces petites lignes, chemins de fer proprement dits ou tramways, que nous croyons appelées à rendre de si grands services, et qui sont loin d'avoir pris en France le développement qu'elles nous semblent comporter.

G. H.

CHEMINS DE FER

D'INTÉRÊT LOCAL

CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE — TRAMWAYS

LIVRE PREMIER

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

CHAPITRE PREMIER

LA LOI DU 11 JUIN 1880

Chemins de fer d'intérêt local. — Tramways. — Résultats produits par la loi du 11 juin 1880. — Modifications à apporter à cette loi. — Nouveau texte élaboré par le Conseil d'État.

Chemins de fer d'intérêt local. — Les chemins de fer d'intérêt local ont été pour la première fois définis en France par une loi du 12 juillet 1865, qui avait en vue la création de lignes devant être construites et exploitées à bon marché. D'après cette loi, les départements et les communes étaient autorisés à exécuter soit eux-mêmes, soit par voie de concession, avec le concours et sous le contrôle de l'État, des chemins de fer destinés principalement à relier aux grandes lignes les localités secondaires. L'exposé des motifs de la loi indiquait clairement le but qu'on voulait atteindre : il s'agissait de créer en quelque sorte la vicinalité des chemins de fer. Une entière liberté était d'ailleurs laissée aux départements et aux communes pour le mode de construction des lignes et la largeur de la voie.

Cette loi n'a pas réalisé les espérances conçues par ses auteurs ; c'est ainsi qu'au 31 décembre 1870, la longueur livrée à l'exploitation n'était que de 268 kilomètres, celle en construction ou à construire, de 1 502 kilomètres.

Au 31 décembre 1880, la longueur totale concédée n'atteignait encore que 3681 kilomètres, savoir :

Longueur exploitée.....	2189 kil.	3681 kil.
En construction ou à construire.....	1492 »	

Les causes de cet échec sont de plusieurs sortes. En premier lieu, l'esprit de la loi de 1865 a été presque partout méconnu dans les applications qui en ont été faites. Au lieu de chercher à construire des lignes de faible longueur établies économiquement et destinées à servir d'affluents aux grandes artères du réseau français, certains capitalistes ont profité de cette loi pour demander à plusieurs départements voisins la concession de chemins d'intérêt local se faisant suite à travers leurs territoires et constituer ainsi des lignes à long parcours, destinées à faire concurrence aux lignes d'intrêt général exploitées par les grandes Compagnies. C'était marcher à une ruine à peu près certaine, et ce résultat n'a pas manqué de se produire dans la plupart des cas, en raison des dépenses exagérées qui étaient la conséquence de ce programme trop ambitieux, aussi bien dans la construction que dans l'exploitation. Une des plus grandes erreurs commises à cet égard a consisté à conserver, pour les chemins de fer d'intérêt local, la voie normale des grandes lignes, au lieu d'adopter une voie à écartement réduit qui permet de réaliser, comme nous le verrons bientôt, d'importantes économies sur la construction et sur l'exploitation.

D'un autre côté, il y avait dans la loi elle-même une autre cause d'échec pour les entreprises de chemins de fer d'intérêt local : c'était l'allocation de subventions en capital.

« Le législateur de 1865, dit M. Picard[1], avait commis une faute lourde en instituant un système de subventions en capital ; il avait ainsi involontairement encouragé la spéculation, en lui procurant une première mise de fonds et en lui donnant un aliment qui lui permettait de se soutenir pendant la période de construction et de faire illusion au public, sans attribuer aux capitaux engagés aucune garantie de rémunération, sans fournir aux départements intéressés aucune garantie d'exploitation. Plus d'une fois, les concessionnaires des chemins secondaires s'étaient empressés de réaliser d'énormes bénéfices, au moyen de l'émission des titres et au moyen de marchés consentis avec des majorations scandaleuses, puis d'abandonner les entreprises dont ils avaient pris l'initiative, laissant ainsi les départements en face de difficultés et d'embarras inextricables. (Parmi les exemples d'abus les plus frappants, on peut citer celui d'un concessionnaire qui, après avoir

1. *Les Chemins de fer français*, t. V, page 170.

obtenu une subvention de 900000 fr. du département, avait constitué une société, dont la charte lui réservait la totalité de cette subvention, à titre de part de fondateur.) Cette situation avait encore été aggravée par la loi du 24 juillet 1867, qui, en émancipant les sociétés anonymes, avait porté atteinte aux mesures tutélaires édictées par la loi du 15 juillet 1845, pour mettre un frein à l'agiotage, pour sauvegarder les droits des intéressés, pour maintenir une sage proportion entre le capital-actions et le capital-obligations, pour assurer le bon emploi des fonds souscrits par le public ou fournis par l'État et par les départements. Le Conseil d'État s'était, à la vérité, appliqué, depuis 1872 notamment, à couper court aux abus, en insérant dans les actes de concession des dispositions particulières à chaque espèce ; mais il importait évidemment de faire davantage et de prendre des mesures d'ensemble consacrées par le Parlement. »

C'est dans ce but qu'a été élaborée la loi du 11 juin 1880, qui vise deux catégories de chemins de fer : d'une part, les lignes d'intérêt local proprement dites, déjà prévues par la loi de 1865, et, d'autre part, les chemins de fer sur routes ou tramways, qui prenaient de plus en plus d'extension et dont le régime n'avait pas encore été réglé par voie législative.

La loi du 11 juin 1880[1] contient 39 articles, dont les 25 premiers, formant le chapitre I, sont relatifs aux chemins de fer d'intérêt local, et les 14 autres (chap. II) aux tramways.

Les articles 2, 13, 14 et 18 contiennent les dispositions essentielles, en ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local.

Aux termes de cette loi (art. 1 et 2), il peut être établi des chemins de fer d'intérêt local par les départements ou par les communes, conformément aux clauses et conditions d'un cahier des charges type préparé par le Conseil d'État et qui a été approuvé ultérieurement par un décret du 6 août 1881[2]. Le conseil général du département ou le conseil municipal de la commune, suivant le cas, arrête la direction des chemins, le mode de construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation. Mais, contrairement à ce que prévoyait la loi de 1865, il ne suffit plus d'un décret délibéré en Conseil d'Etat pour autoriser l'exécution de la ligne : l'utilité publique est déclarée et l'exécution autorisée par une loi.

L'article 13 règle les conditions de la subvention de l'État. Cette subvention peut être accordée lorsque le produit brut de l'exploitation de la ligne est insuffisant pour couvrir les dépenses de cette exploitation, augmentées de 5 °/₀ du capital de premier établissement, tel qu'il a été fixé par l'acte de concession et majoré, s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la

1. V. Documents officiels.
2. V. Documents officiels.

période assignée à cette construction ; mais elle n'est exigible qu'à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

La subvention de l'État est formée : 1° d'une somme fixe de 500 fr. par kilomètre exploité ; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 10000 fr. par kilomètre pour les lignes à voie normale, à 8000 fr. pour les lignes à voie étroite. Cette subvention ne peut, en aucun cas, élever la recette brute kilométrique au dessus de 10500 fr. ou de 8500 fr., suivant les cas, ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 °/₀ par an.

Ainsi, la subvention de l'État, au lieu d'être formée d'une somme fixe donnée une fois pour toutes, comme sous le régime de la loi de 1865, est désormais annuelle et calculée d'après l'insuffisance du produit de la ligne.

L'article 14 de la loi fixe d'ailleurs à 400000 fr. le maximum de la charge qui peut être imposée annuellement au Trésor pour l'ensemble des lignes d'un même département.

Quant à l'article 18, il règle les conditions dans lesquelles la Compagnie concessionnaire peut réaliser les capitaux qui lui sont nécessaires. D'après cet article, aucune émission d'obligations ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation donnée par le ministre des travaux publics, après avis du ministre des finances ; il ne peut être émis d'obligations pour une somme supérieure au montant du capital-actions, lequel est fixé à la moitié au moins de la dépense jugée nécessaire pour le complet établissement et la mise en exploitation de la ligne ; enfin aucune émission d'obligations ne peut être autorisée avant que les 4/5 du capital-actions aient été versés et employés en achat de terrains, approvisionnements sur place ou en dépôt de cautionnement.

Toutefois, les dispositions ci-dessus ne sont pas applicables dans le cas où la concession est faite à une Compagnie déjà concessionnaire d'autres lignes en exploitation et si le ministre des travaux publics reconnaît que les revenus nets de ces lignes sont suffisants pour assurer l'acquittement des charges résultant des obligations à émettre.

Indépendamment des articles 2, 13, 14 et 18, qui contiennent les dispositions fondamentales de la loi, en ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local, il convient encore de citer les stipulations suivantes :

Les tarifs sont homologués par le préfet, sauf dans le cas où la ligne s'étend sur le territoire de plusieurs départements ; l'homologation appartient, dans ce cas, au ministre des travaux publics (art. 5) ;

La cession de la concession, le changement du concessionnaire, la substitution de l'exploitation directe à l'exploitation par concession, l'élévation

des tarifs au dessus du maximum fixé ne peuvent avoir lieu qu'en vertu d'un décret délibéré en Conseil d'État (art. 10);

A toute époque, une ligne d'intérêt local peut être distraite du domaine public communal ou départemental et classée par une loi dans le domaine public national (art 11);

Les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 pour les chemins vicinaux peuvent être appliquées en partie à l'établissement des lignes d'intérêt local par les communes dont les chemins sont à l'état d'entretien (art. 12);

Dans le cas où une ligne subventionnée arrive à couvrir ses dépenses d'exploitation augmentées de 6 °/₀ par an du capital de premier établissement, la moitié du surplus de la recette est partagée entre l'État, le département ou les communes, dans la proportion des avances faites par chacun des intéressés (art. 15);

Le compte rendu détaillé des résultats de l'exploitation doit être publié tous les trois mois, d'après un modèle arrêté par le ministre des travaux publics (art. 19);

La dispense de poser des clôtures et des barrières peut être accordée par le préfet (art. 20);

Le contrôle est exercé par les préfets, sous la surveillance du ministre des travaux publics (art. 21);

Enfin, les subventions en capital promises par la loi de 1865 peuvent être, sur la demande des conseils généraux ou municipaux, et après adhésion des concessionnaires, remplacées par des subventions en annuités, conformément aux stipulations de la nouvelle loi (art. 23).

Telles sont les principales dispositions relatives aux chemins de fer d'intérêt local proprement dits.

Tramways. — La loi du 11 juin 1880 contient, dans son chapitre II, les dispositions relatives à une catégorie spéciale de chemins de fer, ceux qui sont établis en totalité ou en partie sur le sol des routes dépendant du domaine public de l'État, des départements ou des communes; ces lignes portent le nom de *tramways*, que la traction y soit faite par des chevaux ou à l'aide de moteurs mécaniques.

Ce système de voies ferrées, dont la loi de 1865 ne faisait pas mention, et qui a pris depuis quelques années un assez grand développement, peut être établi d'une manière plus économique que les chemins de fer ordinaires, à égalité de largeur de voie, puisqu'il permet de supprimer, ou tout au moins de diminuer dans une large mesure, la partie la plus aléatoire de la dépense, celle de l'acquisition des terrains. Il fournit une solution particulièrement heureuse des chemins de fer à bon marché, en même temps qu'il utilise

pour l'établissement de la voie les accotements des routes qui sont souvent fort larges et d'un entretien coûteux, eu égard à la faible circulation de voitures qu'elles ont à supporter. L'expérience démontre d'ailleurs qu'il n'y a pas à s'inquiéter outre mesure du danger que présente, pour les piétons et pour les chevaux, le passage sur les routes de trains remorqués par des moteurs mécaniques; ce danger est, en somme, assez faible, il peut être atténué par une exploitation prudente; il n'est pas, en tout cas, de nature à faire repousser en principe le système des chemins de fer sur routes.

Les dispositions les plus importantes de la loi, en ce qui touche cette catégorie de voies ferrées, sont comprises dans les articles 27, 29 et 36.

D'après l'article 27, la concession des tramways est accordée par l'État, lorsqu'ils empruntent, en tout ou en partie, le sol des routes nationales; par le département, lorsqu'ils sont établis sur les routes départementales, les chemins de grande communication ou d'intérêt commun, ou lorsqu'ils s'étendent sur le territoire de plusieurs communes; la concession est faite par la commune quand la voie ferrée emprunte un chemin vicinal ordinaire ou un chemin rural.

D'après l'article 29, aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique [1], et après avis des conseils généraux ou municipaux. L'utilité publique des travaux est déclarée et l'exécution autorisée par un décret délibéré en Conseil d'Etat.

L'article 36 règle les conditions de la subvention de l'État. Elle est formée :

1° D'une somme fixe de 500 fr. par kilomètre exploité; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 6000 fr. par kilomètre.

Cette subvention ne peut être accordée que pour des tramways desservis par des locomotives et destinés au transport des marchandises comme des voyageurs, et dans les mêmes conditions d'insuffisance de la recette brute que pour les lignes d'intérêt local. En aucun cas, cette subvention ne peut élever la recette brute au dessus de 6500 fr. par kilomètre, ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 % par an.

Les autres dispositions de la loi sont analogues à celles qui s'appliquent aux chemins de fer d'intérêt local.

Résultats produits par la loi du 11 juin 1880. — La loi de 1880 a été complétée :

1° Par un décret du 18 mai 1881, portant règlement d'administration

1. Ce règlement porte la date du 18 mai 1881 (V. Documents officiels).

publique sur la forme des enquêtes en matière de chemins de fer d'intérêt local et de tramways;

Il est bon de remarquer, à ce propos, que les lignes d'intérêt local peuvent, comme les tramways, emprunter sur une partie de leur parcours le sol des voies publiques (article 3 de la loi); les enquêtes prévues par ce décret leur sont, dans ce cas, applicables.

2° Par un décret du 6 août 1881[1] portant règlement d'administration publique pour l'établissement et l'exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques (exécution de l'article 38 de la loi);

3° Par deux décrets de la même date[2] portant approbation de deux cahiers des charges types, pour la concession des chemins de fer d'intérêt local et des tramways;

4° Par deux décrets du 20 mars 1882 et du 23 décembre 1885[3] portant règlement d'administration publique et déterminant :

a. — Les justifications à fournir par les concessionnaires pour établir les recettes et les dépenses annuelles;

b. — Les conditions dans lesquelles sont fixés le chiffre de la subvention due par l'État, le département ou les communes, et, s'il y a lieu, la part revenant à l'État, au département, aux communes ou aux intéressés, à titre de remboursement de leurs avances, sur le produit net de l'exploitation.

Enfin, une circulaire du 26 septembre 1887, adressée aux préfets et aux ingénieurs en chef, a précisé les conditions du calcul de la subvention de l'État et fixé les divers maxima dont il doit être tenu compte[4].

La loi de 1880 a fait disparaître les principaux inconvénients de celle de 1865, en donnant au concours de l'État la forme d'une garantie d'intérêt accordée sous certaines conditions et en fournissant au Parlement les moyens d'empêcher les combinaisons de lignes destinées à faire concurrence à celles des grandes Compagnies, déjà subventionnées par l'État, pour la plupart. Cette loi, il est vrai, n'a rien fixé en ce qui concerne la largeur de voie à adopter; certaines lignes d'intérêt local ont pu et pourront encore, grâce à cette liberté, être établies avec la voie normale, lorsque leur situation particulière l'exigera; mais on peut affirmer que, pour arriver à donner au réseau secondaire des chemins de fer le développement qu'il comporte, il faudra le plus souvent adopter la voie étroite.

Bien que la loi de 1880 ne soit pas parfaite et que certaines de ses dispositions prêtent encore à la critique, elle a néanmoins produit des résultats

1. V. Documents officiels.
2. V. Documents officiels.
3. V. Documents officiels.
4. V. Documents officiels.

considérables; c'est elle qui a permis la construction d'un grand nombre de chemins de fer à voie étroite et de tramways, dont la dépense d'établissement descend jusqu'à 60000 fr. et même 40000 fr. par kilomètre, prix auxquels personne, il y a 25 ans, n'aurait cru possible d'établir des voies ferrées.

D'après les documents statistiques publiés par le ministère des travaux publics, la longueur totale des chemins de fer d'intérêt local et des tramways concédés au 31 décembre 1891 était de 6186 kilomètres, savoir :

	EN EXPLOITATION.	EN CONSTRUCTION ou à construire.	TOTAL.
Chemins de fer d'intérêt local...	3286 k.	1037 k.	4323 k.
Tramways	1382	481	1863
Longueur totale.....			6186

Sur cette longueur, 2931 kilomètres seulement étaient construits ou prévus à voie étroite, savoir :

1868 k. de chemins d'intérêt local,
1063 k. de tramways.

Le surplus, soit 3255 kilomètres, était à voie normale.

Au 31 décembre 1892, la longueur totale des chemins de fer d'intérêt local concédés n'était plus que de 4232 kilomètres, savoir :

En exploitation..... 3270 k.
En construction ou à construire..... 962

La longueur des tramways concédés était de 2070 kilomètres, savoir :

En exploitation..... 1512 k.
En construction ou à construire..... 558

La dépense totale d'établissement des chemins de fer d'intérêt local exploités au 31 décembre 1889 était de 345228000 fr. environ, faisant ressortir à 117000 fr. le prix du kilomètre de chemin, ainsi que cela résulte des indications ci-dessous, qui donnent en outre la répartition des dépenses entre les divers intéressés :

LONGUEUR EXPLOITÉE.	DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT							
	TOTALES.				PAR KILOMÈTRE.			
	État.	Compagnies.	Divers.	Ensemble.	État.	Compagnies.	Divers.	Ensemble.
2946 k.	18061951 f.	264023804 f.	63141841 f.	345227596 f.	6131 f.	39621 f.	21433 f.	117185 f.

Les recettes brutes totales, en 1889, se sont élevées à 12903000 francs et les dépenses d'exploitation à 11705000 francs.

Le produit net kilométrique moyen ressort ainsi à 480 francs. Cette moyenne s'éloigne d'ailleurs beaucoup des chiffres extrêmes qui servent à l'établir. Il y a des chemins dont le produit net dépasse 6000 francs (ligne d'Etival-Clairefontaine à Senones, 6226 fr.; ligne de Saint-Quentin à Guise, 6344 fr.); d'autres sont en déficit de plus de 3000 francs (ligne de Valmondois à Epiais-Rhus, 3422 fr.; ligne de Pont-Maugis à Raucourt, 4699 fr.). Il en est un, celui de Bayonne à Biarritz, qui a 8 kilomètres de longueur et dont le produit net est de 7590 francs, et un autre, celui de Lyon à Fourvières, qui n'a qu'un kilomètre de longueur et qui réalise un bénéfice net de 165840 francs.

Modifications a apporter a la loi du 11 juin 1880. — Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, la loi de 1880, malgré les résultats qu'elle a produits, n'est pas à l'abri de tout reproche; la nécessité de modifier certaines de ses dispositions s'est fait sentir depuis plusieurs années, et, le 30 novembre 1889, un arrêté du ministre des travaux publics instituait une commission ayant pour objet de rechercher les modifications qu'il conviendrait d'apporter à cette loi et de préparer un projet à soumettre au Conseil d'Etat et ensuite au Parlement. Une enquête a été également ouverte en France sur le même objet auprès des conseils généraux, des Sociétés concessionnaires de lignes d'intérêt local et, en général, de tous les intéressés, et un questionnaire leur a été adressé pour leur permettre de faire connaître leur opinion sur les diverses dispositions de la loi.

Enfin, le 16 février 1892, le Gouvernement a déposé sur le bureau de la Chambre des députés le texte d'un projet de loi, délibéré par le Conseil d'Etat et destiné à modifier la loi du 11 juin 1880. Voici comment s'exprime l'exposé des motifs de ce projet de loi:

Le Conseil d'Etat, appelé à se prononcer sur les réformes qu'il convenait d'opérer, a déclaré que la révision de la loi du 11 juin 1880 devait porter sur trois points essentiels, savoir :

Le mode et le quantum du concours financier de l'Etat, du département et de la commune;

La fixation du capital de construction et des frais d'exploitation;

La proportion entre le capital-actions et le capital-obligations.

Nous avons adopté son avis, qui représente le résumé des améliorations principales signalées, et voici le système qui en résulte :

Actuellement, aux termes des articles 13 et 36 de la loi du 11 juin 1880, l'Etat peut, lors de l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local ou d'un tramway à vapeur destiné au transport des voyageurs et des marchandises, s'engager, — en

cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation et 5 °/₀ par an du capital de premier établissement, — à subvenir, pour partie, au payement de cette insuffisance, à la condition qu'une partie, au moins équivalente, sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

Le taux de 5 °/₀, indiqué par la loi, comprend à la fois l'intérêt et l'amortissement du capital. Or il importe, dans la pratique, de distinguer ces deux éléments, afin de mettre le chiffre de l'amortissement en rapport avec la durée de la concession et d'éviter ainsi de traiter les longues concessions avec plus de faveur que celles de courte durée. Nous avons pensé que, dans l'état actuel du marché financier, le taux de l'intérêt simple pouvait être fixé à 3, 75 °/₀ et qu'il convenait, pour l'amortissement, calculé au même taux pendant toute la durée de la concession, d'adopter un maximum de 0, 75 °/₀ qui correspond à une concession de quarante-huit ans.

D'un autre côté, on a dû constater que les Compagnies et les départements sont trop facilement entraînés à poursuivre l'établissement de lignes qui, par leur situation, n'auront longtemps qu'un trafic insignifiant, bien inférieur aux dépenses d'exploitation proprement dites. Le Gouvernement regarde comme nécessaire d'assigner une limite à la portion de la subvention correspondant aux insuffisances d'exploitation. Cette limite lui a paru devoir être fixée à 750 fr. par kilom. pour les lignes d'intérêt local, et à 500 fr. pour les tramways.

Enfin, dans ces dernières années ont été adoptées des combinaisons offrant quelque analogie avec celles de 1865 et en vertu desquelles la ligne est entièrement construite aux frais du département, de sorte que le concessionnaire n'engage qu'une somme insignifiante dans l'affaire; on peut craindre que celui-ci ne soit porté à négliger l'entretien ou les renouvellements de la voie et du matériel et même qu'il n'abandonne complètement, quand ces renouvellements deviendront nécessaires, une entreprise dans laquelle il n'a presque rien risqué. Nous proposons de prescrire, quelles que soient les combinaisons adoptées dans les conventions de concession, que le concessionnaire fournira toujours une portion du capital de premier établissement. Cet apport liera le concessionnaire vis à vis du département et l'intéressera plus complètement à l'avenir de l'entreprise.

En second lieu, le capital de premier établissement qui doit servir de base au calcul de la subvention est limité, dans les derniers actes de concession, par un maximum, mais il affectait autrefois plus fréquemment la forme d'un forfait. Or, le système des forfaits de construction a soulevé de vives critiques de la part du Conseil général des Ponts et Chaussées et du Conseil d'État. On lui reproche, avec raison, d'inciter le concessionnaire à tâcher de réaliser de gros bénéfices sur l'exécution et de construire les lignes dans de mauvaises conditions. Nous pensons qu'il convient de rendre obligatoire la pratique actuelle de renoncer complètement à ce système et de disposer que le capital de premier établissement sera toujours déterminé d'après les dépenses réelles, dûment contrôlées dans les limites d'un maximum. Des primes d'économie pourront d'ailleurs être accordées au concessionnaire pour l'intéresser à l'économie.

Les formules forfaitaires d'exploitation ont soulevé des critiques encore plus vives que les forfaits de construction. Il y a lieu également de les interdire et d'exiger que les comptes entre le concédant et le concessionnaire soient de même

réglés d'après les dépenses réelles, dans les limites d'un maximum déterminé en fonction du trafic, sauf à y comprendre, s'il y a lieu, une prime d'économie.

La dernière modification proposée concerne les émissions d'obligations.

La règle posée dans la loi de 1880 est qu'il ne peut être émis d'obligations pour une somme supérieure au montant du capital-actions et que ce capital doit être de la moitié au moins de la dépense jugée nécessaire pour le complet établissement et la mise en exploitation de la ligne. Dans ces conditions, le capital-obligations ne dépasse pas la moitié de la dépense. Le législateur de 1880 avait reconnu qu'il convenait d'apporter un tempérament à la rigueur de cette règle tutélaire pour les Compagnies déjà concessionnaires d'autres chemins de fer en exploitation, si le ministre des travaux publics reconnaissait que les revenus nets de ces chemins étaient suffisants pour assurer l'acquittement des charges résultant des obligations à émettre. L'interprétation du paragraphe relatif à cette disposition exceptionnelle a donné lieu à des difficultés; on s'est demandé si les subventions devaient ou non être comprises dans l'évaluation des revenus nets et l'administration s'est prononcée constamment pour la négative.

Aujourd'hui, nous admettons que les subventions seront comptées dans le produit net, mais en prenant des précautions pour remédier aux inconvénients qui peuvent résulter des facilités données aux concessionnaires. La première précaution à prendre consiste à n'autoriser les concessionnaires à émettre d'obligations que jusqu'à concurrence des deux tiers de la dépense laissée à leur charge. On conçoit, en effet, que, même dans le cas où il est reconnu au moment de l'émission que les lignes construites ou à construire donnent ou peuvent donner un produit net suffisant pour assurer le service des obligations, il est à craindre que ce produit net ne soit dans l'avenir entamé par des réfections, des accidents ou d'autres dépenses imprévues. Pour parer à ces éventualités, le capital-actions doit être engagé dans l'établissement de chaque ligne concédée pour une somme au moins égale au tiers de la dépense laissée à la charge du concessionnaire. En raison des difficultés que présente l'évaluation du produit net d'une ligne à construire, nous estimons, en outre, qu'on ne doit en tenir compte que jusqu'à concurrence des trois quarts.

La seconde précaution consiste à ne pas encourager une même Compagnie à exploiter des lignes dans les départements éloignés les uns des autres et à exposer ainsi des obligataires, qui n'ont généralement souscrit qu'en vue d'une entreprise déterminée, à voir leur gage diminué par l'adjonction d'une affaire onéreuse, sans lien avec la première; le projet propose de limiter l'exception au cas où des lignes dont la Compagnie est déjà concessionnaire sont situées dans le même département ou se prolongeraient sur un département limitrophe.

En conséquence de cet exposé, la loi soumise aux délibérations du Parlement se compose d'un seul article conçu comme il suit :

ARTICLE UNIQUE. — L'article 13, le § 5 de l'article 18 et l'article 36 de la loi du 11 juin 1880, sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways, sont remplacés par les dispositions suivantes :

« ART. 13. — Lors de l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local, l'État peut s'engager envers le département ou la commune — en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation, l'intérêt annuel du capital de

premier établissement à 3,75 %, et l'amortissement au même taux pendant toute la durée de la concession, sans pouvoir dépasser 0,75 % — à subvenir pour partie au payement de cette insuffisance, à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

« En aucun cas les subventions de l'État et du département ou de la commune ne peuvent couvrir les insuffisances d'exploitation au delà de 750 fr. par kilomètre.

« La loi qui déclare l'utilité publique fixe, dans chaque cas, le maximum de la charge imposée au Trésor.

« Le capital de premier établissement ne peut pas faire l'objet d'un forfait entre le concédant et le concessionnaire; il est limité par un maximum fixé dans l'acte de concession. Le même acte peut stipuler que ce capital sera augmenté : 1° d'une prime sur les économies réalisées pendant la construction; 2° des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction, 3° et des sommes employées ultérieurerement pour travaux et dépenses complémentaires. Ces dernières sommes ne peuvent figurer dans le compte des subventions dues par l'État que si les projets ont été, préalablement à leur exécution, approuvés par décrets rendus en Conseil d'État, et seulement jusqu'à concurrence du maximum fixé par la loi.

« Les dépenses d'exploitation ne peuvent pas faire l'objet d'un forfait; elles sont limitées par des maxima dans l'acte de concession, qui peut allouer au concessionnaire une prime sur les économies réalisées dans l'exploitation.

« Si la subvention est donnée par le département ou la commune, en capital, en terrains, en travaux ou sous toute autre forme que celle d'annuités, elle est, pour le calcul de la subvention de l'État, évaluée et transformée en annuités aux taux d'intérêt et d'amortissement ci-dessus fixés.

« Quelles que soient les combinaisons adoptées dans les conventions passées entre le concessionnaire et le département ou la commune, le concessionnaire devra toujours fournir une portion du capital de premier établissement qui ne sera pas inférieure au quart de ce capital.

« Art. 18, § 5. — La Compagnie concessionnaire peut être autorisée à émettre des obligations pour une somme supérieure au montant du capital-actions, lorsque le ministre des travaux publics reconnaît que l'annuité nécessaire pour couvrir l'intérêt et l'amortissement des obligations à émettre est suffisamment assurée par les produits nets soit de la ligne à construire, soit d'autres lignes dont la Compagnie serait déjà concessionnaire dans le même département, ou qui se prolongeraient sur un département limitrophe, étant entendu que les subventions sont comprises dans l'évaluation des produits nets.

« Toutefois, il ne sera tenu compte du produit net d'une ligne à construire que jusqu'à concurrence des trois quarts. En aucun cas, le montant du capital-actions ne pourra être inférieur au tiers de la dépense laissée à la charge du concessionnaire.

« Art. 36. — Lors de l'établissement d'un tramway à traction mécanique et destiné au transport des marchandises en même temps qu'au transport des voyageurs, l'État peut s'engager envers le département ou la commune — en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation, l'intérêt annuel du capital

de premier établissement à 3,75 °/₀ et l'amortissement au même taux pendant toute la durée de la concession, sans pouvoir dépasser 0, 75 °/₀ — à subvenir pour partie au payement de cette insuffisance, à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

« En aucun cas, les subventions de l'État et du département ou de la commune ne peuvent couvrir les insuffisances d'exploitation au delà de 500 fr. par kilomètre.

« Le décret qui déclare l'utilité publique fixe, dans chaque cas, le maximum de la charge annuelle imposée au Trésor.

« Les §§ 4, 5, 6 et 7 de l'article 13 sont applicables aux tramways. »

Cette nouvelle loi, si elle reçoit la sanction du Parlement, constituera une grande amélioration : elle fera disparaître deux des plus graves inconvénients constatés au cours de ces dernières années dans la construction et l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local, nous voulons parler des forfaits de construction et d'exploitation, dont nous exposerons, dans un chapitre ultérieur, tous les désavantages ; elle résoudra également, et dans un sens très équitable, la question de constitution du capital des Compagnies et sa répartition en capital-actions et capital-obligations. Le Conseil d'État reconnaît aujourd'hui que l'interprétation qu'il avait donnée du dernier paragraphe de l'article 18 de la loi était abusive, puisqu'il propose d'y renoncer. Il n'est que juste d'ajouter que cette interprétation avait été vivement critiquée, notamment par M. Félix Martin, dans sa brochure sur le *Régime des Chemins de fer secondaires en France* (Paris 1891). M. Félix Martin faisait remarquer avec raison que le *produit net* existe en réalité pour toute ligne concédée dans les conditions de l'article 13 de la loi, puisque la garantie de l'État et du département est assurée à la ligne projetée par la loi de concession elle-même ; il ajoutait que la jurisprudence du Conseil d'État ne semblait pas partager cette manière de voir, mais au contraire admettre que « cette disposition a été insérée pour permettre aux Compagnies de prendre des concessions de chemins de fer d'intérêt local sans modifier la composition de leur capital[1] » ; quant à lui, il était convaincu que l'expérience amènerait certainement à une application plus large et plus libérale du texte et de l'esprit de la loi. L'évènement lui a donné raison et prouvé que, comme il le supposait, la loi de 1880 n'a pas voulu « réserver aux grandes Compagnies seules le bénéfice de l'application du § 5 de son article 18 », et que cette loi, faite précisément en vue d'aider la création de Compagnies secondaires, ne pouvait pas comporter « une interprétation qui ferait de cet article 18 un véritable leurre, puisqu'aucune des Compagnies appelées à en bénéficier ne pourrait l'appliquer ».

1. Colson. La garantie d'intérêts. (*Annales des Ponts et Chaussées*, décembre 1888.)

Le texte du projet de loi comporte encore une autre modification heureuse des dispositions actuellement en vigueur. Sous le régime actuel, lorsque la subvention du département est donnée en capital, en terrains, en travaux ou sous toute autre forme que celle d'annuités, l'article 12 du décret du 20 mars 1882 prescrit de la transformer en annuités *au taux de* 4 °/₀. Cette manière d'opérer n'est certainement pas équitable, surtout lorsque le département paye la dépense de premier établissement de la ligne.

On remarquera, en effet[1], que, dans ce cas, l'État ne paye plus au maximum qu'une annuité de 2 °/₀ du capital, alors que, si les frais de premier établissement avaient eté avancés par un concessionnaire, il payerait en général, sous réserve des maxima fixés par la loi de 1880 et la loi déclarative d'utilité publique, la moitié de l'insuffisance, c'est-à-dire 2 ½ °/₀ du capital de premier établissement, plus la moitié du déficit d'exploitation. C'est là une anomalie : l'État semble vouloir punir les départements qui construisent eux-mêmes leurs lignes, alors qu'il devrait plutôt faire le contraire, le système de construction directe par les départements étant, comme nous le verrons bientôt, le meilleur de tous, au point de vue de la bonne exécution des travaux et de l'emploi régulier des crédits. Le moins que l'on puisse demander à l'État, c'est de traiter les départements aussi favorablement que les concessionnaires et d'accorder la même garantie dans les deux cas.

On a vu que les dispositions de la nouvelle loi donnent satisfaction à ce désir, puisqu'elle spécifie que la subvention allouée par le département ou la commune sera, pour le calcul de la subvention de l'État, évaluée et transformée en annuités aux mêmes taux d'intérêt et d'amortissement que ceux qui sont fixés par le premier paragraphe du nouvel article 13. C'est le moins qu'on pouvait faire.

Enfin, la nouvelle rédaction de l'article 13, qui limite à 750 fr. par kilomètre le montant des insuffisances d'exploitation que peuvent couvrir les subventions de l'État et du département, fait disparaître la complication des dispositions anciennes, desquelles résultaient plusieurs manières différentes de calculer la subvention de l'État; l'application de ces dispositions ayant donné lieu à diverses difficultés, il avait fallu les éclaircir par une circulaire ministérielle du 26 septembre 1887, dont nous avons déjà parlé, et qui prévoit jusqu'à cinq maxima, entre lesquels il n'était pas toujours très facile de se reconnaître. En limitant simplement à 750 fr. par kilomètre le montant total des insuffisances d'exploitation à couvrir, on supprime toutes ces difficultés.

1. Heude, *Chemins de fer d'intérêt local et tramways établis sous le régime de la loi du 11 juin 1880* (Paris 1892).

Il n'est pas inutile de faire remarquer que les chiffres de 750 fr. pour les chemins de fer d'intérêt local et de 500 fr. pour les tramways s'appliquent aux insuffisances *d'exploitation* seulement, c'est-à-dire à l'excès des dépenses sur les recettes, sans tenir compte de l'intérêt et de l'amortissement du capital de construction. Cela résulte clairement de l'exposé des motifs du projet de loi.

Ce projet apporte donc, en définitive, des améliorations très importantes dans la règlementation actuelle, en supprimant les principaux inconvénients qui s'étaient révélés dans son application.

Il nous paraît cependant regrettable que les départements ne trouvent pas dans le projet des facilités particulières pour le cas où ils voudraient construire des lignes d'intérêt local, sans avoir recours à un concessionnaire; on remarquera, en effet, que toutes les dispositions projetées semblent admettre la nécessité absolue de faire intervenir un contrat de concession, même pour la construction, puisque l'exposé des motifs critique les combinaisons en vertu desquelles une ligne est construite entièrement aux frais du département, et puisque le dernier paragraphe de l'article 13 spécifie que, dans tous les cas, le concessionnaire devra toujours fournir au moins le quart du capital de premier établissement.

Cette prescription a été inspirée par le désir très naturel de ne pas retomber dans les inconvénients de la loi de 1865; mais elle empêche le département de construire à ses frais, solution pourtant très recommandable, comme on le verra plus loin, et de chercher ensuite un fermier pour l'exploitation de la ligne. Nous reviendrons sur cette question dans l'un des chapitres suivants.

En outre, nous croyons qu'au lieu de fixer un taux uniforme de 3,75 °/₀ pour l'intérêt du capital de premier établissement, il serait préférable d'adopter un taux variable, suivant l'état du marché financier. C'est, paraît-il, dans cet ordre d'idées que le rapporteur du projet de loi à la Chambre des députés propose un taux variant avec la valeur de la rente française[1].

Nous donnons en terminant deux exemples de l'application des dispositions nouvelles.

Supposons qu'une ligne d'intérêt local puisse être construite moyennant une somme de 60000 fr. par kilomètre et qu'elle soit exploitée pour 3000 fr. par kilomètre et par an. Si les recettes brutes sont de 2000 fr. (il y a beaucoup de petites lignes qui atteignent à peine ce chiffre), l'insuffisance se calculera comme il suit :

Les charges comprennent : 1° l'intérêt et l'amortissement du capital de

1. Le rapport dont il s'agit n'est pas encore venu en discussion au Parlement.

premier établissement, au taux de 4,50 °/₀, soit 2 700 fr. ; 2° les dépenses d'exploitation, 3 000 fr.; soit au total, 5 700 fr.

Les recettes étant de 2 000 fr., l'insuffisance sera de 3 700 fr. ; elle pourra donner lieu à l'allocation de subventions. Mais la portion de la subvention correspondant aux insuffisances de l'exploitation proprement dite ne peut, comme nous l'avons vu, dépasser 750 fr. Le maximum de la subvention totale sera, par suite, de 3 450 fr. par kilomètre ; le département devra en payer la moitié, soit 1 725 fr., pour que l'État paye une somme égale.

S'il s'agissait d'un tramway, coûtant 40 000 fr. par kilomètre, exploité pour 2 200 fr. et donnant une recette brute de 1 650 fr., le total des insuffisances serait de 2 350 fr., savoir :

Intérêts du capital	1 800f	
Dépenses d'exploitation	2 200f	
Total des charges		4 000f
Recettes		1 650f
Différence		2 350f

Le maximum de l'insuffisance d'exploitation proprement dite à couvrir par la subvention étant de 500 fr., le maximum de la subvention totale sera de 2 300 fr., dont moitié à la charge du département et moitié à la charge de l'État.

CHAPITRE II

DE L'UTILITÉ DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

Le mémoire de M. Considère sur l'utilité des chemins de fer d'intérêt local. — Bénéfice net d'exploitation. — Économies de transport. — Avantages indirects. — Utilité totale des chemins de fer d'intérêt local. — Opinion de M. Colson.

L'opinion ne semble pas encore bien fixée sur le degré d'utilité que peut présenter pour un pays la constitution d'un réseau important de chemins de fer d'intérêt local, composé en majorité de lignes à faible trafic. Bien des personnes, parmi celles qui s'occupent des chemins de fer, croient volontiers qu'une ligne, pour être utile au pays, doit rapporter au moins ce qu'elle coûte, et considèrent comme funeste à l'intérêt public l'établissement de toute voie ferrée dont la recette n'est pas assez élevée pour couvrir la dépense d'exploitation et l'intérêt du capital de construction. D'autres estiment que, lorsqu'une ligne ne doit pas couvrir ses dépenses d'exploitation, il vaudrait mieux, dans l'intérêt général, ne pas en faire la dépense.

Ce sont là des opinions qui nous semblent erronées. Sans entrer dans de grands développements à cet égard, on peut faire remarquer tout d'abord que, pour qu'une entreprise soit utile, il n'est pas toujours nécessaire qu'elle donne un revenu, c'est-à-dire une rémunération aux capitaux engagés, et citer, comme exemple, les routes que l'État, les départements ou les communes établissent à leurs frais, entretiennent et livrent gratuitement à l'usage public; il est clair que, dans ce cas, non seulement le revenu de l'entreprise n'existe pas, mais il est remplacé par une perte sèche, qui se renouvelle tous les ans, et qui est représentée par la dépense d'entretien. Et, cependant, il n'est personne qui conteste l'utilité très grande des routes et l'intérêt considérable qu'il y a pour le public à les voir toujours bien entretenues.

On peut se demander pourquoi, dans cet ordre d'idées, ce qui est vrai pour les routes ne serait pas vrai pour les chemins de fer.

Toutefois, il nous paraît utile de serrer la question d'un peu plus près, et de faire connaître les résultats d'une étude très complète, récemment publiée par M. Considère, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur cette intéressante question de l'*Utilité des chemins de fer d'intérêt local*[1], étude dont les conclusions sont absolument conformes à l'opinion que nous venons d'émettre. Nous résumons ci-dessous les points qui nous paraissent les plus importants de l'étude dont il s'agit.

Trois éléments forment l'utilité totale d'un chemin de fer ; ce sont :

1° Le bénéfice net d'exploitation, c'est-à-dire l'excès des recettes sur les dépenses ; c'est ce bénéfice qui sert à rémunérer le capital de premier établissement ;

2° Les économies réalisées par le public sur les frais de transport ;

3° Les avantages indirects procurés par les multiples effets du chemin de fer au public, à l'État, aux départements et aux communes.

Étudions séparément chacune de ces trois sources d'utilité.

Bénéfice net d'exploitation. — Les lignes d'intérêt local ou, d'une manière plus générale, les lignes secondaires qui se raccordent aux réseaux des grandes Compagnies, ont pour effet certain d'amener aux lignes anciennes un trafic supplémentaire qui ne se produirait pas sans la création des lignes nouvelles. Ce fait, très important, ne paraît pas contestable ; il est expressément reconnu, en particulier, par M. Noblemaire, directeur de la Compagnie P.-L.-M., dans sa *Note sur les chemins de fer départementaux*[2]. Dès lors, on doit admettre que l'ouverture de toute ligne secondaire nouvelle donnera naissance à deux espèces de trafic : 1° celui qui aura lieu sur ses propres rails ; 2° celui qui en résultera sur les anciennes lignes des grands réseaux et qui ne se serait pas produit sans cette nouvelle ligne.

Évaluer avec une rigueur mathématique la part qui revient à chaque ligne nouvelle dans la production de ce trafic supplémentaire serait un travail fort délicat, pour ne pas dire impossible. Mais on peut se faire une idée de l'importance de ce trafic par les résultats d'une étude statistique faite par M. Considère sur un certain nombre de lignes secondaires servant d'affluents aux réseaux de l'Ouest, d'Orléans et du Nord. L'étude a porté sur neuf lignes tracées en impasse, dont la longueur varie entre 8 et 28 kilomètres, et dont la distance à Paris est comprise entre 37 et 681 kilomètres.

1. *Annales des Ponts et Chaussées*, février et mars 1892.
2. *Annales des Ponts et Chaussées*, décembre 1887.

Ces lignes sont les suivantes :

Ligne de	Morlaix à Roscoff	28 k.
—	Plouaret à Lannion	16
—	Quimper à Douarnenez	24
—	Quimper à Pont-l'Abbé	22
—	Rosporden à Concarneau	16
—	Auray à Quiberon	28
—	Doullens à Beauquesne	13
—	Noyelles au Crotoy	8
—	Valmondois à Épiais-Rhus	14

De cette étude, il résulte que le rapport Z entre l'augmentation nette de recettes, amenée par ces lignes aux réseaux contigus, et les recettes effectuées sur leurs propres rails, varie, pour les voyageurs, entre 1 et 2 et, pour les marchandises, entre 2 et 9.

Ces résultats, exacts pour les lignes considérées, ne le seraient pas pour la moyenne des chemins de fer d'intérêt local qui restent à construire en France. Il faut donc opérér d'une autre manière, pour trouver la valeur probable du rapport Z. Voici comment on y parvient, au moyen des résultats généraux donnés par la statistique des chemins de fer français.

M. Considère établit d'abord que, d'après les statistiques officielles, le parcours moyen effectué sur les chemins de fer français, en 1889, paraît avoir été de 35 kilomètres pour les voyageurs et de 127 kilomètres pour les marchandises; mais que ces chiffres sont trop faibles, parce qu'ils résultent des statistiques particulières de chaque Compagnie, et non d'un travail d'ensemble, permettant de suivre, dans tout leur parcours, les unités de transport qui empruntent successivement plusieurs réseaux. Dès lors, on devrait faire subir à ces chiffres des majorations assez importantes pour obtenir le parcours réellement effectué ; néanmoins, on peut les supposer exacts et rechercher quelles conclusions on en doit tirer pour le trafic qui emprunte les chemins de fer d'intérêt local.

Le parcours moyen fait sur tous les chemins de fer par les voyageurs qui empruntent les lignes d'intérêt local sur une partie de leur trajet ne semble pas devoir être plus faible que le chiffre de 35 kilomètres fourni par les statistiques individuelles des Compagnies ; néanmoins, on admettra le chiffre de 30 kilomètres seulement, pour tenir compte de ce fait que beaucoup de petites lignes aboutissent à un centre important, que ne dépassent pas les voyageurs de ces lignes.

Pour les marchandises, il n'y a aucun motif d'admettre que celles qui empruntent les petites lignes parcourent, en moyenne, des distances

moindres que celles qui voyagent exclusivement sur les grands réseaux ; il y aurait plutôt lieu de croire le contraire, attendu que les embranchements sont rarement utilisés pour les transports en provenance ou à destination des stations du grand réseau voisines de leur point d'embranchement. Néanmoins, on admettra le chiffre de 127 kilomètres, pour éviter tout reproche d'exagération.

Dès lors, étant admis les deux chiffres de 30 et 127 kilomètres, il est facile de savoir comment ils se répartissent entre les chemins d'intérêt local et les lignes des grands réseaux.

Les statistiques officielles donnent, pour les parcours moyens sur les lignes d'intérêt local, 11 kilomètres pour les voyageurs et 20 kilomètres pour les marchandises[1].

En se basant sur ces chiffres, on décompose, comme il suit, les parcours totaux de 30 et de 127 kilomètres.

	PARCOURS MOYEN DU TRAFIC COMMUN		
	SUR CHEMIN d'intérêt local.	SUR CHEMIN d'intérêt général.	TOTAL.
Voyageurs	11 k.	19 k.	30 k.
Marchandises	20	107	127

Si l'on applique à ces chiffres les tarifs moyens de chaque catégorie de chemins de fer, tels qu'ils sont donnés par les statistiques officielles[2], on aura, pour le rapport des recettes que le trafic des lignes secondaires

1. Les moyennes des dernières années sont les suivantes :

	Voyageurs.	Marchandises.
Année 1883	12k 6	23k
— 1884	10 3	18 5
— 1885	10 6	18 5
— 1886	10 6	19 3
— 1887	10 9	19 9
— 1888	10 5	21
— 1889	11 5	21 7

2. Les tarifs moyens des dernières années sont les suivants :

ANNÉES	VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
	INTÉRÊT GÉNÉRAL.	INTÉRÊT LOCAL.	INTÉRÊT GÉNÉRAL.	INTÉRÊT LOCAL.
1883	4c 77	5c 48	5c 73	8c 18
1884	4,72	5,61	5,90	11,57
1885	4,62	5,58	5,94	11,35
1886	4,59	5,37	5,94	10,99
1887	4,53	5,50	5,80	11,11
1888	4,48	5,69	5,95	10,93
1889	4,40	5,34	5,55	10,10

procure aux grands réseaux et de celles qu'elles en retirent elles-mêmes, les résultats suivants :

$$\text{Voyageurs}\ldots\ldots\ \frac{19\times 4{,}63}{11\times 5{,}37}=1{,}5;$$

$$\text{Marchandises}\ldots\ \frac{107\times 5{,}95}{20\times 10{,}99}=2{,}9.$$

Les tarifs moyens des voyageurs diffèrent peu sur les deux catégories de lignes; la différence est, au contraire, très grande pour les marchandises (5c 95 et 10c 99). M. Considère fait observer que ce résultat est dû aux conventions défectueuses qui régissent les chemins de fer d'intérêt local, et il pense qu'avec des conventions bien conçues la moyenne des tarifs de marchandises s'abaisserait certainement au dessous de 8 centimes. Comme il ne s'agit ici que de moyennes applicables à l'ensemble du *futur réseau d'intérêt local*, il propose d'admettre pour les marchandises le rapport

$$\frac{107\times 5{,}95}{20\times 8}=4.$$

Mais ces rapports 1,5 et 4 donneraient une valeur supérieure au *boni* réel que les lignes secondaires procurent aux grands réseaux; on doit admettre, en effet, qu'une partie du trafic amené par les petites lignes viendrait en voiture si ces petites lignes n'existaient pas. Il faut donc réduire les chiffres trouvés ci-dessus; M. Considère propose de les multiplier par les coefficients 0,70 et 0,50, le premier s'appliquant aux voyageurs, le second, aux marchandises. Ces coefficients sont déduits d'une étude de la loi de décroissance de l'attraction des chemins de fer, à mesure que la distance augmente, étude que nous ne pouvons reproduire ici, et au sujet de laquelle nous renvoyons le lecteur au Mémoire original.

Dès lors, on est amené à ce résultat que le rapport Z de l'augmentation de recettes, que les lignes secondaires apportent aux grands réseaux, aux recettes qu'elles réalisent elles-mêmes, est égal à

$$1{,}5\times 0{,}70=1 \text{ (en nombre rond) pour les voyageurs}$$

et à

$$4{,}0\times 0{,}50=2 \text{ pour les marchandises.}$$

En d'autres termes, à chaque franc de recette que fait un chemin de fer d'intérêt local correspond, en moyenne, pour les réseaux dont il est l'affluent, une augmentation nette de recettes de

1 fr. pour les voyageurs,
2 fr. pour les marchandises.

Or, d'après les statistiques officielles de 1889, la recette brute des chemins de fer d'intérêt local a été de

5493516 fr. pour les voyageurs,

et de

6875465 fr. pour les marchandises.

Si l'on admettait la même proportion de recettes pour le trafic des chemins de fer restant à construire, on obtiendrait, pour le rapport Z, la valeur suivante :

$$\frac{(1 \times 5493516) + (2 \times 6875465)}{5493516 + 6875465} = 1,6.$$

Mais il paraît prudent de ne pas compter qu'en moyenne, le trafic des marchandises aura une importance supérieure à celui des voyageurs. C'est pourquoi on réduira à 1,4 la valeur du rapport Z, ce qui amène à conclure ainsi :

En moyenne, les chemins de fer d'intérêt local, à construire en France, donneront vraisemblablement aux grands réseaux, dont ils seront les affluents, une augmentation de recettes égale aux 140 centièmes de leurs recettes propres.

Cette conclusion va nous permettre de calculer le bénéfice net d'exploitation produit par les chemins de fer d'intérêt local.

En effet, soit D la dépense kilométrique d'exploitation d'une ligne d'intérêt local. Bien qu'il ne soit pas possible de la représenter exactement par une formule dans laquelle ne figure que la recette brute, on peut admettre, *à titre d'approximation*, et comme moyenne applicable au futur réseau d'intérêt local, la formule

$$D = 1000^f + 0,50\,R,$$

R étant la recette brute de la ligne considérée.

Si B représente le bénéfice d'exploitation que produit la ligne sur ses propres rails, on aura

$$B = R - D = 0,50\,R - 1000^f$$

B' étant le bénéfice réalisé par l'augmentation de trafic que la petite ligne détermine sur les grands réseaux, et R' l'augmentation de la recette brute correspondante, M. Considère admet, d'après les travaux de M. l'Inspecteur général Ricour sur le prix de revient des transports, que l'on a

$$B' = 0,50\,R'$$

et, d'après ce qu'on a vu précédemment,

$$B' = 0,50 \times 1,40 \times R = 0,70\,R.$$

Donc

$$B + B' = 1{,}20\,R - 1000^{f}.$$

Tel est le bénéfice total d'exploitation que produit, sur tous les rails, une ligne d'intérêt local dont la recette brute est R.

En admettant que la dépense moyenne d'établissement des lignes d'intérêt local, à voie d'un mètre et à travers champs, soit de 50000 fr. par kilomètre, on voit que, pour que $B + B'$ soit égal à 2500 fr., c'est-à-dire à 5 °/₀ du capital de premier établissement, il suffit que l'on ait

$$1{,}20\,R - 1000 = 2500^{f},$$

d'où

$$R = 3000^{f}.$$

Le bénéfice net produit par les chemins de fer d'intérêt général n'étant guère que de 3,90 °/₀ de leur capital de premier établissement[1], on voit que, pour qu'une ligne d'intérêt local soit, à ce point de vue, aussi avantageuse que le réseau d'intérêt général, il suffit que

$$1{,}20\,R - 1000 = 50000 \times \frac{3{,}90}{100} = 1950^{f}.$$

d'où

$$R = 2450^{f}.$$

D'où cette conclusion :

Une ligne à voie d'un mètre, desservie par trois trains par jour, donnant 2400 à 2500 fr. de recette brute kilométrique, produirait sur ses rails ou sur les rails des grands réseaux un bénéfice net d'exploitation aussi élevé, par rapport à sa dépense de construction, que la moyenne des chemins de fer d'intérêt général.

Et pourtant, d'après la formule $B = 0{,}50\,R - 1000^{f}$, cette ligne ne donnerait sur ses propres rails qu'un bénéfice net de 250 fr. par kilomètre, à peine suffisant pour rémunérer les peines de l'exploitant.

S'il s'agissait de tramways, coûtant 35000 fr. environ par kilomètre, exploités avec deux trains seulement par jour, le même résultat serait atteint,

1. En 1889, les chemins de fer français d'intérêt général ont donné un bénéfice net d'exploitation de 16879 fr. par kilomètre, soit 3,90 °/₀ de leur dépense de premier établissement, qui était de 424000 fr.

Les résultats des années précédentes sont indiqués ci-dessous :

	Bénéfice d'exploitation.	Dépense de premier établissement.
Année 1883	19073f	423189f
— 1884	17024	417847
— 1885	15943	417712
— 1886	15617	418899
— 1887	16080	422364
— 1888	16155	421070

en ce qui concerne le bénéfice d'exploitation produit sur tous les rails, avec 1800 fr. de recette brute kilométrique.

Remarque. — Nous n'avons pas voulu interrompre l'exposé qui précède par des réflexions qui en auraient troublé la clarté. Mais il n'a pas dû échapper au lecteur que les chiffres, dont sont tirées les conclusions ci-dessus, sont seulement approximatifs. L'auteur du mémoire que nous analysons est, d'ailleurs, le premier à le reconnaître.

« Ces conclusions, dit-il, s'écartent tellement des idées les plus répandues, que nous aurions hésité à les formuler si nous les avions déduites exclusivement des considérations délicates qui sont l'objet de ce chapitre; mais on reconnaîtra qu'elles reçoivent une confirmation bien sérieuse de l'étude statistique qui forme le chapitre I.

« En effet, pour les voyageurs, le rapport Z en question varie de 0,90 à 2 et a une valeur moyenne de 1,27 pour neuf lignes placées dans des conditions aussi différentes que possible. En ce qui concerne les marchandises, le rapport Z varie de 2,1 à 9, et a une valeur moyenne de 4,2 pour les six lignes du premier tableau, les seules qui donnent des renseignements sérieux.

« Parmi ces lignes, il y en a deux, celles de Morlaix et de Lannion, qui, à des degrés très différents, présentent un caractère exceptionnel, au point de vue de la distance aux centres de consommation. Mais les quatre autres lignes sont, à ce point de vue, dans des conditions ordinaires, malgré leur distance à Paris, puisque les produits qu'elles envoient à la capitale ne parcourent que 173, 153 et 73 kilomètres avant de quitter le réseau d'Orléans, le seul dont les recettes figurent au tableau. Ce sont des distances plutôt inférieures que supérieures à la moyenne qu'il faut admettre pour l'ensemble du réseau des chemins de fer français.

« Le seul point de vue, auquel ces lignes s'écartent d'un grand nombre de chemins de fer d'intérêt local, est celui des tarifs, qui sont ceux du grand réseau. Il nous semble que, même en tenant largement compte de cette différence, on doit reconnaître que l'étude statistique que nous avons faite conduit à considérer comme très modérées les valeurs de 1 (voyageurs) et 2 (marchandises), que nous avons admises pour le rapport Z. »

Nous croyons, en effet, que les conclusions de M. Considère sont fort justes et que, si l'on peut contester quelques-uns des chiffres dont il s'est servi, les atténuations introduites par lui dans l'emploi de ces chiffres donnent une grande probabilité aux résultats qui en découlent. Arrivé à ce point de notre étude, nous ne pouvons que nous associer pleinement à cette réflexion de l'auteur :

« Bien que nous n'ayons encore étudié qu'un des trois éléments qui forment l'utilité des chemins de fer, on voit déjà combien est faux et étroit le point de vue auquel se placent ceux qui ne tiennent compte que du bénéfice propre d'exploitation des chemins de fer d'intérêt local, et qui déclarent

funeste aux intérêts généraux l'établissement de toute ligne dont l'exploitation ne donne pas un bénéfice suffisant pour rémunérer la dépense de construction. »

ÉCONOMIES DE TRANSPORT. — On a évalué de bien des manières les économies de transport que le public réalise par l'emploi des chemins de fer et, en général, on paraît les avoir beaucoup exagérées.

Il ne suffit pas, en effet, de comparer les prix anciennement payés sur voie de terre (soit 0f 10 en moyenne, pour les voyageurs, et 0f 20 à 0f 30 pour les marchandises) avec les tarifs moyens de chemins de fer (soit 0f 05 pour les voyageurs et 0f 06 pour les marchandises) pour conclure de là à une économie de 0f 05 par voyageur et de 0f 14 à 0f 24 par tonne de marchandise. Si l'on appliquait ces bases de calcul au trafic du réseau français, on obtiendrait des chiffres énormes, mais inexacts.

Il faudrait d'abord déduire de là les frais de camionnage au départ et à l'arrivée, qui s'ajoutent aux frais de transport par chemin de fer. En outre, l'économie réalisée n'est égale à la différence des taxes indiquées plus haut que pour les transports qui se feraient par voiture, même au cas où les chemins de fer n'existeraient pas. Or, chacun sait que ces transports ne sont qu'une faible part du trafic actuel des chemins de fer, trafic qui ne se produit précisément qu'en raison des tarifs avantageux qu'on lui offre.

Voici comment M. Considère évalue les économies de transport.

Si l'on porte sur une ligne horizontale OX (fig. 1) des abscisses représentant les divers tarifs qu'on peut appliquer, et si, au dessus de chaque point S, on élève une verticale S*s*, dont la longueur représente, à une certaine échelle, le trafic que produirait l'application du tarif OS, c'est-à-dire le nombre des unités qui seraient transportées, on obtient, en réunissant les points *s* par un trait continu, une courbe PQ, qui est la *courbe du trafic*.

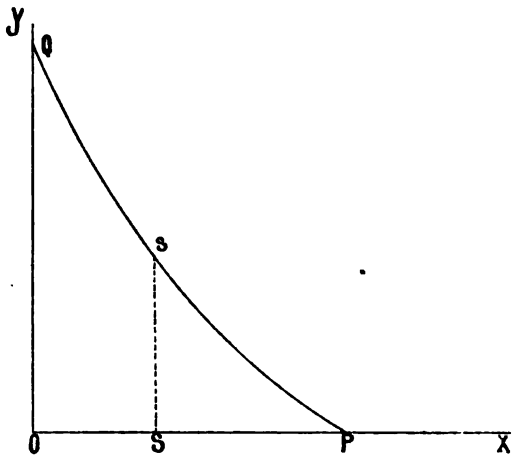


Fig. 1. — Courbe du trafic.

Il est clair que, si les taxes étaient trop élevées, le trafic serait nul; la courbe rencontre donc l'axe des x en un point P, tel que OP est égal à la taxe limite, au dessus de laquelle aucun trafic ne se produirait plus; OP est dit

tarif prohibitif. A mesure que les taxes s'abaissent au dessous de OP, le trafic naît et se développe ; la courbe s'élève donc en se rapprochant de l'axe des y.

Si l'on cherche maintenant la courbe du bénéfice net d'exploitation, on trouve un résultat tout différent. On sait que les dépenses d'exploitation sont de deux sortes : les unes constantes et indépendantes du trafic, les autres, à peu près proportionnelles aux transports et dont nous appellerons la valeur par unité *prix de revient partiel de transport*.

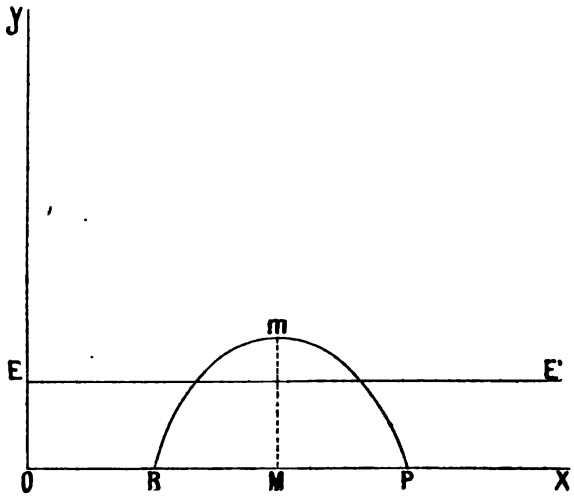


Fig. 2. — Courbe du bénéfice net d'exploitation.

Dès lors, si l'on prend pour abscisses les tarifs, et pour ordonnées l'excès des recettes sur cette partie des dépenses qui varie proportionnellement aux transports, on aura une courbe RmP (fig. 2), qui rencontrera l'axe des x en deux points ; elle aura, en effet, une ordonnée nulle pour l'abscisse OP, égale au tarif prohibitif, et une autre ordonnée nulle pour l'abscisse OR, qui représente un tarif égal au prix de revient partiel de transport. Entre les points P et R, la courbe passe nécessairement par un maximum m.

Si l'on veut avoir le bénéfice net correspondant à l'application de divers tarifs, il suffit de mesurer les ordonnées de la courbe, par rapport à une ligne horizontale EE', dont la hauteur au dessus de OX soit égale aux dépenses constantes et indépendantes du trafic.

Cela posé, soit p le tarif prohibitif,
r le tarif égal au prix de revient partiel de transport,
n le tarif qui donne le maximum de bénéfice net d'exploitation.

On ne connaît jamais *a priori* la forme qu'affecte la courbe du trafic pour une catégorie donnée de marchandises, et les statistiques ne fournissent, après coup, qu'un assez petit nombre de points de cette courbe. Mais, si l'on suppose, pour simplifier, qu'elle soit rectiligne, c'est-à-dire qu'à d'égales

réductions de tarifs correspondent toujours d'égales augmentations de trafic, on démontre facilement que l'on a[1]

$$(1) \qquad n = \frac{r+p}{2}.$$

D'après les études publiées en 1844 par Dupuit sur la mesure de l'utilité publique, la valeur des économies de transport que réalisent les expéditeurs, lorsqu'on applique un tarif donné, est égale à l'aire du triangle curviligne compris entre l'ordonnée correspondant à ce tarif, la courbe du trafic et l'axe des abscisses. Ce résultat est vrai, quelle que soit la forme de la courbe.

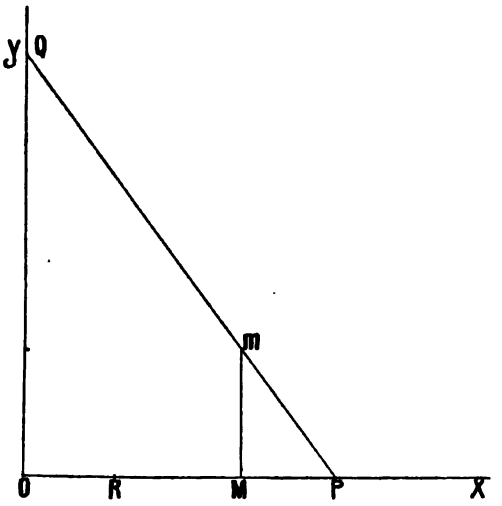


Fig. 3.

Si cette courbe est une droite (fig. 3), le triangle en question est MPm et sa surface est égale à

$$Mm \times \frac{1}{2} MP$$

ou à

$$Mm \times \frac{1}{2}(p - m),$$

en désignant par m le tarif OM.

1. En effet, OR représentant (fig. 3) le prix de revient partiel de transport, si l'on applique un tarif quelconque OM, l'augmentation du bénéfice d'exploitation est égale à

$$OM - OR$$

par unité, et à

$$(OM - OR) \times Mm$$

pour le trafic total, qui est dans ce cas égal à Mm.

Mais Mm varie proportionnellement à MP, ou à (OP — OM); on a donc

$$Mm = K \times (OP - OM),$$

K étant un coefficient convenablement choisi.

Dès lors, l'augmentation du bénéfice d'exploitation devient

$$K \times (OM - OR)(OP - OM).$$

La somme des deux facteurs variables (OM — OR) et (OP — OM) étant constante et égale à OP — OR, leur produit sera maximum quand ils seront égaux, c'est-à-dire lorsqu'on aura

$$OM - OR = OP - OM,$$

ou quand le point M sera au milieu de la distance RP.

L'économie de transport par unité est donc

$$\frac{1}{2}(p-m)$$

pour une valeur m du tarif.

Elle sera égale à

$$\frac{1}{2}(p-n)$$

si l'on applique le tarif n, qui donne le maximum de bénéfice net d'exploitation.

En vertu de la formule (1), cette valeur devient

$$(2) \qquad \frac{1}{2}(n-r).$$

La formule (2) permet de calculer l'économie moyenne de transport que les chemins de fer procurent au public, quand on connaît les valeurs de n et de r pour l'ensemble du trafic.

D'après les travaux de M. Ricour sur le prix de revient des transports des chemins de fer d'intérêt général, on a sensiblement, pour le prix de revient partiel des transports sur les grands réseaux[1],

$$r = 0{,}02.$$

Quant à n, tarif qui donnerait le maximum de bénéfice net d'exploitation, les Compagnies de chemins de fer, qui n'ont pas à poursuivre d'autre but que les intérêts de leurs actionnaires, doivent chercher à s'en rapprocher le plus possible. Si elles étaient absolument libres dans la fixation des tarifs, il faudrait admettre que n est précisément égal au tarif moyen réellement appliqué, c'est-à-dire à 0^f055 environ.

On aurait, dès lors, pour la valeur de l'économie moyenne,

$$\frac{1}{2}(n-r) = \frac{1}{2}(0^f055 - 0^f02) = 0^f0175.$$

Ce résultat suppose :

1° Que la courbe moyenne du trafic est rectiligne ;

2° Que les Compagnies appliquent les tarifs qui leur procurent le maximum de bénéfice.

1. D'après M. Ricour, la dépense kilométrique d'exploitation D est représentée par la formule

$$D = 6125^f + 0{,}0215 \times F,$$

F étant le nombre des unités transportées. (*Annales des Ponts et Chaussées*, 2e semestre, 1887.)

Or, ces deux conditions ne sont pas remplies absolument. Parmi les causes qui influent sur la forme de la courbe du trafic, les unes tendent à la rendre concave, les autres, à la rendre convexe; il n'est guère possible d'apprécier exactement le résultat de ces influences, mais on peut admettre, à titre d'approximation, que la courbe se rapproche d'une ligne droite. Quant aux tarifs appliqués, ils ne remplissent pas non plus entièrement la condition indiquée, puisque les Compagnies ne sont pas libres de les fixer à leur convenance. Mais la différence ne doit pas être très considérable.

En tout cas, il ne semble pas que l'économie moyenne puisse augmenter, pour ces deux causes, de plus de la moitié de sa propre valeur : c'est pourquoi nous pensons, avec M. Considère, qu'en évaluant cette économie à 0f 0275 (moitié du tarif moyen), au lieu de 0f 0175, chiffre trouvé ci-dessus, on est plutôt au-dessus de la vérité. On est ainsi conduit à la conclusion suivante :

L'économie totale, que les chemins de fer d'intérêt général procurent chaque année au public, est au plus égale à la moitié de leur recette brute, soit à moins de 600 millions de francs.

On ne voit pas de raison fondamentale pour que la conclusion qui précède ne s'applique pas également aux chemins de fer d'intérêt local et on admettra, dès lors, que l'économie de transport réalisée par ces derniers est, de même, au plus égale à la moitié de la recette brute.

Avantages indirects des chemins de fer. — Personne ne conteste l'existence des avantages indirects qui résultent, pour un pays, de l'exploitation des chemins de fer; M. Picard, dans son *Traité* publié en 1887, a consacré un important chapitre[1] à l'exposé des résultats économiques de l'ouverture des voies ferrées. Mais ce qui paraît assez délicat, c'est d'évaluer en argent la valeur de ces résultats.

« Quelle est, dit M. Picard (Tome Ier, chap. III), la mesure de ces avantages indirects? Quelle en est la quote-part entrant dans les caisses du Trésor? Nous sommes à cet égard en plein inconnu : ce ne sont plus des supputations plus ou moins approchées, mais de simples conjectures que nous pouvons formuler.

« Nous avons montré, ajoute-t-il, que, pendant les trente dernières années, les recettes ordinaires du budget s'étaient accrues de près de 1500 millions, et avaient ainsi doublé. Nous serons certainement au dessous de la vérité en attribuant le tiers de cet accroissement, soit 500 millions, à l'action indirecte des chemins de fer; c'est la proportion qu'a admise M. Olry de Labry, ingénieur des Ponts et Chaussées, dans un mémoire inséré aux *Annales des Ponts*

1. Tome Ier, chap. II. *Aperçu économique sur les résultats généraux de l'ouverture des chemins de fer.*

et Chaussées (1880, 1er semestre). D'un autre côté, les économistes et les financiers admettent que, dans son ensemble, le produit des impôts représente le dixième de la production nationale : cette production aurait ainsi augmenté, sous l'influence indirecte des chemins de fer, de 5 milliards, c'est-à-dire de 50 % des capitaux engagés. »

C'est en partant de ces données que M. Considère essaye de chiffrer la valeur actuelle des avantages de toute nature que les chemins de fer procurent au public.

Voici l'essentiel de son raisonnement :

Si l'on admet la proportion donnée par les économistes entre l'impôt et la valeur de la production nationale, cette dernière a dû, d'après ce qui précède, éprouver depuis une trentaine d'années une augmentation de 15 milliards environ. Dans cette somme de 15 milliards, il entre plusieurs éléments : 1° un milliard environ représente le salaire de l'augmentation de population (2 millions d'habitants) qui s'est produite entre les recensements de 1856 et de 1886; 2° trois milliards et demi à peu près représentent le revenu que donnent à leurs propriétaires les capitaux nouvellement formés dans la même période (évalués à 80 milliards); 3° le surplus, soit plus de 10 milliards, doit représenter les avantages directs et indirects que les progrès accomplis dans les diverses branches de l'industrie humaine procurent à la masse du public.

C'est dans cette dernière somme qu'est évidemment comprise la valeur actuelle des avantages directs et indirects que le public retire des chemins de fer. Or, ceux-ci ont eu certainement une part prépondérante dans les progrès accomplis depuis trente ans, et il ne paraît pas exagéré d'admettre, avec M. Picard, que la valeur actuelle de ces avantages est au moins égale au tiers de ces 10 milliards, non compris, bien entendu, le revenu que les chemins de fer donnent à leurs actionnaires.

Si l'on admet les résultats de cette analyse appproximative, on arrive à cette conclusion que la valeur actuelle des avantages de toute nature que les chemins de fer d'intérêt général procurent au public est de 3 milliards et demi environ, en dehors de leur revenu propre. C'est à peu près le triple de la recette brute (comprise entre 1 milliard et 1 milliard 200 millions).

Dès lors, en tenant compte de la valeur précédemment trouvée pour les économies de transport, soit à peu près la moitié de la recette brute, on peut admettre que les avantages *indirects* sont représentés par

$$3R - 0{,}5R = 2{,}5R,$$

R étant la recette brute.

On voit qu'en résumé, l'étude qui précède des trois éléments de l'utilité d'un chemin de fer conduit finalement à cette conclusion :

Les économies de transport, que les chemins de fer d'intérêt général français permettent au public de réaliser, sont égales, au plus, à la moitié de la recette brute.

Les avantages indirects qu'ils procurent au pays égalent, au moins, deux fois et demie la recette brute.

Leur utilité totale égale au moins le triple de la recette brute, plus le revenu qu'ils donnent à leurs propriétaires.

Cette conclusion est absolument d'accord avec l'opinion qu'émettait M. Varroy, en 1879, à la tribune du Sénat, lorsqu'à l'occasion de la discussion du programme de M. de Freycinet, il évaluait à trois fois la recette brute la somme des avantages de toute nature que les chemins projetés procureraient au pays[1].

De l'utilité des chemins de fer d'intérêt local. — Au moyen des résultats qui viennent d'être résumés, il va nous être possible d'apprécier avec quelque exactitude le degré d'utilité des chemins de fer d'intérêt local.

On a vu (page 20) qu'en ce qui concerne le trafic des voyageurs qui fréquentent ces chemins de fer, le tiers seulement du parcours se fait sur leurs propres rails, et que les deux autres tiers empruntent les rails des grandes lignes. Il est clair que, pour ces deux derniers tiers, le rapport de l'utilité à la recette brute est égal à 3, comme pour les transports qui se font exclusivement sur les lignes d'intérêt général.

Quant à l'utilité du premier tiers, elle est certainement moindre, car les petits voyages pourraient, plus facilement que les grands, se faire en voiture, à la condition d'y mettre plus de temps, plus d'argent, et d'y avoir moins de confortable. Cependant la réduction d'utilité ne doit pas être de moitié par rapport à celle des voyages faits sur les grandes lignes ; admettons pourtant une réduction de moitié. On aura, pour la mesure de l'utilité du trafic-voyageurs,

$$\left(3\times\frac{2}{3}\right)+\left(1{,}5\times\frac{1}{3}\right)=2{,}5.$$

Pour les marchandises, il a été établi (page 19) que le parcours sur rails de celles qui empruntent les lignes d'intérêt local est, en général, supérieur à la moyenne des parcours effectués entièrement sur les grands réseaux. Leur trafic doit donc présenter une utilité plus grande. Admettons qu'elle soit seulement aussi grande ; il faudra dès lors conserver le coefficient 3, comme pour les chemins d'intérêt général.

1. Picard. *Traité des Chemins de fer*. Tome Ier, chap. III.

La recette des marchandises étant un peu moindre que celle des voyageurs, le coefficient d'utilité du trafic total sera légèrement inférieur à la moyenne de 2,5 et de 3. Pour éviter plus sûrement tout reproche d'exagération, M. Considère propose de réduire ce coefficient à 2,5, ce qui revient à dire que, pour avoir la valeur des avantages directs et indirects résultant des chemins de fer d'intérêt local, il faut multiplier par 2,5 le trafic qu'ils développent sur tous les réseaux.

Comme on a démontré d'ailleurs que la recette totale de ce trafic est égale à la recette propre des petits chemins de fer, multipliée par 2,4, on arrive à représenter la valeur de ces avantages par la formule

$$2{,}5 \times 2{,}4 \times R = 6\,R.$$

Donc :

La valeur des avantages directs et indirects procurés au public par les chemins de fer d'intérêt local est égale à 6 fois la recette produite par les transports effectués sur leurs propres rails.

Ce chiffre ne comprend pas les bénéfices d'exploitation.

Il est facile maintenant de chiffrer l'utilité totale d'un chemin de fer d'intérêt local. Elle se compose : 1° du bénéfice total d'exploitation produit sur tous les rails : il a été évalué précédemment à $1{,}20\,R - 1000^f$; 2° de la somme des avantages directs et indirects, soit 6 R. Elle est donc égale à

$$1{,}20\,R - 1000^f + 6\,R = 7{,}2\,R - 1000^f.$$

En appliquant cette formule à des lignes coûtant 50000 fr. par kilomètre et donnant des recettes kilométriques de 2000, 2500 et 3000 fr., on trouve les résultats suivants :

RECETTE PROPRE DU CHEMIN DE FER d'intérêt local. (R)	BÉNÉFICE PROPRE DE CE CHEMIN DE FER $\left(\frac{R}{2} - 1000\text{ f.}\right)$	UTILITÉ TOTALE DE CE CHEMIN DE FER (7,2 R — 1000 f.)	RAPPORT DE L'UTILITÉ A LA DÉPENSE de premier établissement (supposée égale à 50000 fr.)
1500 f.	— 250 f. (perte.)	9800 f.	20 °/₀
2000	0	13400	27 °/₀
2500	+ 250 f. (bénéfice.)	17000	34 °/₀
3000	+ 500 f. Id.	20600	41 °/₀

Si l'on compare ces résultats avec ceux que donneraient les chemins de fer d'intérêt général pour l'année 1889, voici ce qu'on trouve :

La dépense de premier établissement est de 424000 fr. par kilomètre ; la recette brute est de 34770 fr. et le bénéfice propre, de 16879 fr. d'après les statistiques officielles.

On a donc :

Recette propre du chemin de fer.....	34770f
Bénéfice propre.....	16879f
Utilité totale (3 fois la recette, plus le bénéfice propre)....	121189f
Rapport de l'utilité à la dépense de premier établissement..	29 °/°

Ce qui conduit finalement à cette conclusion importante :

Les dépenses faites pour la construction des chemins de fer d'intérêt local, dont la recette varie entre 2000 et 2500 fr. par kilomètre, c'est-à-dire couvre ou dépasse légèrement la dépense d'exploitation, sont à peu près aussi utiles en moyenne aux intérêts généraux du pays que celles qui ont été faites pour la construction des grands réseaux français d'intérêt général.

Remarque. — La conclusion qui précède va directement à l'encontre des idées reçues. On ne peut contester que les calculs sur lesquels elle s'appuie manquent un peu de certitude; cependant, comme le dit très judicieusement l'auteur du mémoire que nous venons d'analyser, il importe de remarquer que cette conclusion est à peu près indépendante des valeurs *absolues* admises pour les coefficients d'utilité des chemins de fer d'intérêt général et d'intérêt local et qu'elle subsisterait alors même que ces deux coefficients auraient été pris trop élevés, pourvu que leur rapport fût exact. Or, il ne nous semble pas que le coefficient 2,5, admis pour les chemins de fer d'intérêt local, soit relativement trop élevé, étant donnée la manière dont il est établi.

Quoi qu'il en soit de l'exactitude rigoureuse de la conclusion ci-dessus, nous avons voulu surtout attirer l'attention sur ce fait que l'utilité réelle des petites lignes, même lorsqu'elles sont improductives de revenu, est beaucoup plus grande qu'on ne l'admet généralement, et nous ne pouvons que nous asssocier entièrement à l'opinion émise dans les lignes suivantes du mémoire de M. Considère :

« Si l'on a présente à l'esprit la transformation que les chemins de fer d'intérêt général ont opérée pendant les trente ou quarante dernières années, et la place qu'ils tiennent dans la prospérité économique du pays, on sera forcément amené à conclure qu'il importe de pousser activement la construction d'un réseau d'intérêt local, et que ce serait un grand bonheur pour le pays si l'on pouvait faire refluer vers ces utiles entreprises les capitaux que la France exporte sans relâche, qu'on emploie souvent à des entreprises désastreuses et qui profitent alors uniquement aux agioteurs et aux financiers.

« On doit évidemment commencer par construire les lignes les plus utiles, c'est-à-dire, en général, celles qui doivent donner le plus de recettes et de bénéfices d'exploitation, et nous croyons qu'on peut en trouver assez dont les recettes couvrent les dépenses, pour employer les capitaux disponibles pendant bien des années. On aura donc tout le temps de réfléchir avant d'entreprendre les lignes qui donneraient une perte d'exploitation et de vérifier, en toute rigueur, l'exactiude de

nos conclusions. Mais nous pensons que, tôt ou tard, on arrivera à construire des lignes dont l'exploitation sera onéreuse. Cette éventualité peut paraître inadmissible à ceux qu'aveugle l'habitude de voir le bénéfice des grandes lignes rémunérer le capital de premier établissement, et qui ne sauraient comprendre que des voies ferrées jouent un autre rôle et puissent néanmoins être fort utiles à la collectivité. Mais, en somme, *nous ne voyons pas que le fait de poser des rails, au lieu de macadam, sur la plate-forme d'une voie de communication, en change forcément le régime économique, et* QU'IL SOIT ABSURDE DE PRÉVOIR POUR CERTAINS CHEMINS DE FER UNE EXPLOITATION A PERTE, COMME CELLE QUE L'ÉTAT, LES DÉPARTEMENTS OU LES COMMUNES ONT ADOPTÉE POUR LES PORTS, LES CANAUX, LES ROUTES ET LES CHEMINS DE TOUTES CATÉGORIES. »

Nous appelons spécialement l'attention sur cette dernière phrase, qui résume, en quelques mots frappants, le principal argument qu'on peut invoquer en faveur de l'établissement des chemins de fer improductifs en apparence ; nous ajouterons seulement cette remarque que, dans la construction et dans l'exploitation de ces lignes, modestes mais utiles, il faut apporter toutes les économies compatibles avec un bon service.

Nous ne devons pas laisser ignorer, d'ailleurs, que les conclusions de l'étude de M. Considère, sur l'utilité des chemins de fer d'intérêt local, n'ont pas été sans faire naître quelques protestations : M. Colson, maître des requêtes au Conseil d'État, a inséré aux *Annales des Mines* de juillet 1892, un mémoire[1] dans lequel il a critiqué ces conclusions et émis l'avis que l'utilité totale des chemins de fer d'intérêt local devrait être évaluée à un chiffre moins élevé que celui que donne M. Considère.

M. Colson incline à penser que « pour qu'il soit certain qu'une ligne offre à la communauté des avantages supérieurs aux charges qu'elle lui impose, il faut que la recette d'exploitation puisse couvrir plus de la moitié de l'ensemble des dépenses. Pour des lignes coûtant environ 50000 fr. par kilomètre, et dont les frais d'exploitation, à l'origine, s'élèvent à 2000 ou 2500 fr., les dépenses sont constituées moitié environ par les intérêts et l'amortissement du capital, et moitié par les frais d'exploitation. Pour qu'une ligne soit certainement utile, il faut que la recette brute dépasse la moitié des charges ; il faut donc qu'elle couvre les frais d'exploitation et rémunère même une petite partie du capital d'établissement ».

Nous croyons, quant à nous, que les conclusions de M. Considère se rapprochent beaucoup plus de la vérité que celles de M. Colson ; nous engageons le lecteur à se reporter aux mémoires de ces deux auteurs, dans lesquels ils trouveront exposés, avec beaucoup d'arguments à l'appui, les deux thèses rivales, et nous pensons qu'il emportera de cette lecture la même opinion que nous-même.

1. La formule d'exploitation de M. Considère, par C. Colson. (*Annales des Mines*, juillet 1892, *Annales des Ponts et Chaussées*, novembre 1892.)

CHAPITRE III

DU MODE DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

§ 1er. — De la construction des chemins de fer d'intérêt local. — Nécessité de renoncer aux forfaits de construction. — Supériorité de la construction directe par le département.
§ 2. — De l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local. — Examen des divers systèmes employés. — Remboursement des dépenses réelles dans les limites d'un maximum de la forme $a + b$ R. — Forfait d'exploitation de la forme $a + b$ R. Inconvénients de toutes les formules de ce genre. Formule du Finistère à coefficients multiples. Formule à 4 termes. Formule à 6 termes. — Forfait d'exploitation avec minimum. — Autres systèmes adoptés. Partage du bénéfice net. Paiement au kilomètre de parcours des trains. — Système définitivement proposé pour l'exploitation. Remboursement des dépenses réelles, dans les limites d'un maximum donné par la formule à 6 termes, avec primes d'économies.

La question du mode de construction et d'exploitation des chemins de fer d'intérêt local a, depuis quelques années, beaucoup préoccupé les ingénieurs et donné lieu à de nombreuses et intéressantes études. Nous citerons, en particulier, la *Note sur les chemins de fer départementaux*, publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (Décembre 1889) par M. Noblemaire, directeur de la Compagnie P.-L.-M., qui contient la critique des principaux systèmes employés et l'indication des mesures propres à remédier aux inconvénients qu'ils présentent ; la brochure de M. Félix Martin, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur *Le régime des chemins de fer secondaires en France* (1891) ; celle de M. Heude, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, publiée en 1892, sur *Les chemins de fer d'intérêt local et les tramways* établis sous le régime de la loi du 11 juin 1880 ; l'étude de M. Considère, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur l'*Utilité des chemins de fer d'intérêt local*, dont la deuxième partie (*Annales des Ponts et Chaussées*, mars 1892), contient un examen de la valeur des divers types de convention adoptés pour ces chemins de fer.

Il paraît possible aujourd'hui de dégager de ces différentes études des conclusions nettes et de poser quelques principes qui seront utiles pour l'avenir. Nous traiterons successivement de la construction et de l'exploitation.

§ 1er — De la construction des chemins de fer d'intérêt local.

Le système suivi par les départements pour arriver à l'établissement de leurs chemins de fer est généralement le suivant :

Une convention, passée entre le département et un concessionnaire, charge ce dernier de la construction et de l'exploitation de la ligne pendant un certain temps, généralement fort long. La construction se fait, suivant un tracé approuvé par l'autorité compétente, moyennant un prix le plus souvent fixé à forfait à la suite d'une étude sommaire, sous forme d'avant-projet.

Ainsi qu'on a pu le voir à la lecture de l'exposé des motifs du projet de loi destiné à modifier la législation actuellement en vigueur pour les chemins de fer d'intérêt local, ce système est déplorable. On comprend bien pourquoi les départements l'ont souvent appliqué : c'est que les assemblées départementales, craignant les mécomptes et les augmentations de dépenses, désirent généralement connaître à l'avance et d'une manière exacte le capital de premier établissement de la ligne.

« C'est un sentiment bien naturel, mais avec un pareil système, une des deux parties est toujours trompée. Il est matériellement impossible de déterminer à l'avance le coût exact d'une ligne de chemin de fer ou de tramway sur un avant-projet. Or, un concessionnaire ne peut faire qu'un avant-projet, tant qu'il n'est pas sûr d'avoir sa concession ; un projet complet lui occasionnerait des dépenses considérables, qui pourraient être faites en pure perte. Dès lors, de deux choses l'une, ou le forfait est trop élevé et le concessionnaire réalise un gros bénéfice : c'est le département qui est trompé ; ou bien le forfait est trop faible, alors c'est le concessionnaire qui est trompé : il perd de l'argent s'il est consciencieux ; s'il ne l'est pas, il tâche de s'en tirer en économisant partout ; le forfait devient, comme le dit M. Noblemaire, une *prime à la malfaçon*, et les malfaçons pèsent lourdement plus tard sur l'exploitation[1]. »

Donc, pas de forfait de construction ; voilà un premier principe sur lequel tout le monde est d'accord, et qui sera vraisemblablement sanctionné par la la nouvelle législation.

Dans le cas où le département traite avec un concessionnaire pour la construction de la ligne, il faut que le capital de premier établissement soit

1. Heude. Brochure citée.

limité par un maximum convenablement fixé, et que, dans la limite de ce maximum, les dépenses réellement faites soient seules portées en compte. Des primes d'économies seront nécessairement allouées au concessionnaire, afin de l'intéresser à en réaliser.

Cette manière de procéder élimine évidemment les principaux inconvénients que présente le système du forfait; mais il faut convenir qu'elle ne les supprime pas complètement. Les erreurs auxquelles peut donner lieu le forfait sont susceptibles de se produire, quoique d'une façon moins grave, dans la fixation du maximum. S'il est trop élevé, il n'y a pas grand inconvénient; mais s'il est trop faible, on sera conduit, soit à le reviser en cours d'exécution, et alors ce n'est plus un véritable maximum, soit à le conserver tel quel, et alors la ligne ne sera pas construite avec toutes les installations dont elle a besoin. La substitution du maximum au forfait n'est donc, suivant nous, qu'un palliatif des inconvénients signalés : elle ne peut pas les supprimer entièrement.

Nous pensons, comme M. Noblemaire, comme M. Heude, que le seul système rationnel est celui de la construction directe par le département ou les communes, au moyen d'entreprises adjugées au rabais sur séries de prix. Reproduisons ici les arguments que donne M. Noblemaire à l'appui de cette opinion : ils sont fort intéressants, et de nature à faire cesser un préjugé trop répandu sur la prétendue incapacité des départements, comme de l'État, à construire économiquement.

« La ligne, tout d'abord, serait *mieux construite* et, par suite, plus sérieusement en état de se prêter à une exploitation économique. Les ingénieurs, les voyers du département peuvent construire aussi bien et mieux que des concessionnaires parfois désignés par le hasard d'une concurrence excessive; s'ils ne construisent pas en régie, il leur sera facile de trouver des entrepreneurs, des tâcherons qui se chargeront des travaux sur série de prix ou à forfait[1], et qu'ils n'auront qu'à surveiller. En raison des habitudes administratives, des formalités un peu solennelles auxquelles ils sont habitués, on ne manquera pas de prétendre qu'ils construiront plus chèrement qu'un concessionnaire stimulé (trop peut-être) par son intérêt personnel. — Cela n'est pas certain. — Admettons-le cependant; en matière de travaux publics, plus encore qu'en d'autres matières, parce qu'il s'agit de travaux qui doivent être durables, on en a toujours pour son argent; l'économie est parfois le pire des calculs, et l'on ne saurait trop insister sur ce fait que les réductions

1. Notre opinion bien arrêtée est que les travaux doivent être exécutés à l'entreprise au moyen d'adjudications au rabais, d'après des projets réguliers; cette manière d'opérer, qui donne d'excellents résultats dans le service des Ponts et Chaussées, ne peut présenter aucun inconvénient pour les travaux de chemins de fer.

exagérées faites sur la construction se répercutent lourdement et pèsent à jamais sur les dépenses de l'exploitation ultérieure, en vue de laquelle la ligne est construite. On l'oublie trop souvent, ou l'on veut l'oublier; mais l'opinion de tous ceux qui ont fait de l'exploitation est bien faite à cet égard[1]. »

La seule objection pratique que l'on puisse opposer à cette manière de faire, c'est que les assemblées départementales n'aiment pas, en général, à emprunter directement de grosses sommes, et qu'elles préfèrent souvent accorder à un concessionnaire une garantie d'intérêt qui grèvera pendant de longues années les budgets futurs du département. C'est un grand tort et une grave erreur; il ne faut pas hésiter à le déclarer. Le crédit d'un département est toujours plus grand que celui d'un concessionnaire, quel qu'il soit; le taux auquel empruntera le département sera toujours plus faible que celui que devrait accepter le constructeur concessionnaire, pour se procurer l'argent nécessaire à ses travaux[2]. Il y aura donc, de ce fait, une réduction du capital de premier établissement. En outre, comme le fait judicieusement observer M. Noblemaire, « plus de *commissions*, plus de ce que l'on est convenu d'appeler, par euphémisme, *les faux frais de constitution de l'affaire*. Tout ce que le département dépensera, il en saura l'emploi exact; il aura la certitude que cela a été employé en travaux. »

Ajoutons enfin, toujours d'après M. Noblemaire, qu'un département, construisant lui-même un réseau de lignes d'intérêt local destinées à servir d'affluents à celles de la grande compagnie qui l'englobe, pourra peut-être trouver auprès de cette dernière une aide et un concours, en raison des nouveaux éléments de trafic qu'elle aura à reçevoir des lignes projetées; et ce concours se produira probablement vis à vis d'un département plus volontiers que vis à vis d'un concessionnaire. On conçoit fort bien, surtout si l'on se reporte aux considérations que nous avons développées à propos de l'utilité des chemins de fer d'intérêt local, que l'établissement de lignes nouvelles capables d'augmenter le trafic de la grande compagnie puisse être favorisé par celle-ci et que, le département se chargeant, par exemple, de l'acquisition des terrains, de l'infrastructure, des bâtiments des stations, la grande compagnie puisse se mettre à sa disposition pour exécuter, à prix coûtant, les travaux de ballastage et de pose de voie, qu'elle fera évidemment dans de meilleures conditions que les ingénieurs locaux. Il y aurait, dans cette répartition du travail, quelque chose de rationnel, qui ne saurait manquer

1. Noblemaire. Brochure citée.
2. Les départements peuvent aujourd'hui emprunter à 4 0/0 (4,655 0/0 avec amortissement en 50 ans).

de donner de bons résultats, toutes les fois que la grande compagnie voudra y consentir.

Il faudrait également qu'en cas d'établissement de gares de jonction, le grand réseau prît à sa charge une part plus ou moins importante de la dépense, suivant le trafic qu'il peut espérer.

En résumé, et même dans le cas où aucune contribution, aucun secours ne peut être obtenu des grandes compagnies, la construction des chemins de fer d'intérêt local ne doit jamais être faite au moyen d'un traité à forfait passé avec un concessionnaire ; quand le département ne se décide pas à construire lui-même, il doit tout au moins limiter, par un maximum soigneusement établi, le capital de premier établissement de la ligne, et n'admettre en compte que les dépenses réellement faites, dans la limite de ce maximum.

Mais le meilleur des systèmes consiste, suivant nous, dans la construction directe par les départements : « C'est pour eux, à la fois, la meilleure garantie d'une bonne construction, qui est l'élément le plus indispensable d'une exploitation économique, le moyen de conserver leur indépendance, et, somme toute, le meilleur emploi de leurs sacrifices financiers[1]. »

Il convient d'ajouter, pour rendre à chacun ce qui lui appartient, que depuis longtemps déjà, dans le département de la Sarthe, les principes ci-dessus exposés ont reçu leur application. C'est ce qui résulte d'une note de M. Etienne, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, en date du 31 mars 1890 (*Annales des Ponts et Chaussées*, 2e semestre 1890), dans laquelle on lit ce qui suit :

« Pour les lignes actuellement en exploitation, les dépenses d'établissement ont été payées par le département ; l'infrastructure a été exécutée sur projets spéciaux et la superstructure, réglée à forfait, faisait partie des obligations à remplir par le concessionnaire, qui n'a eu ainsi à s'imposer aucune avance de fonds, ni un capital à constituer. Ce système a été adopté il y a environ dix ans. »

Et plus loin :

« Les conditions des nouvelles concessions faites au mois de juillet 1889 sont conformes, pour la plupart, au programme tracé par M. Noblemaire ; tous les travaux seront exécutés par le département et à sa charge ; le concessionnaire fournit, à titre de cautionnement, le matériel roulant, estimé 5000 francs par kilomètre, et touchera, sur les bénéfices à attendre de l'exploitation, l'intérêt à 4 0/0 de ce cautionnement ; il sera constitué, sur les mêmes bénéfices, un capital de renouvellement fixé à 3000 francs par kilo-

1. Noblemaire. Brochure citée.

mètre et destiné aux grosses réparations. La durée des concessions est de trente ans. »

§ II. — De l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local.

Peu de questions ont donné lieu à des discussions aussi nombreuses et à des solutions aussi variées que celle de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local; le grand nombre des formules employées pour calculer les frais d'exploitation suffirait à démontrer que le problème n'est pas facile à résoudre. Examinons-le d'un peu près, en profitant des études déjà faites.

Quel que soit le mode adopté pour la construction et, en écartant le cas particulier des lignes construites et exploitées moyennant le payement d'une somme forfaitaire de tant par kilomètre, le département, appliquant les principes posés par la loi du 11 juin 1880, accorde généralement au concessionnaire une *garantie d'intérêt* du capital de premier établissement de la ligne; cette garantie d'intérêt, souvent fixée au taux de 5 %, doit être diminuée, bien entendu, du bénéfice net donné par l'exploitation, c'est-à-dire de la différence entre le produit brut (impôts déduits) et les dépenses d'exploitation.

C'est ici que la difficulté commence : le produit brut est facilement connu; mais les dépenses d'exploitaton ne sont pas aussi aisées à évaluer. Différents systèmes ont été suivis jusqu'à présent pour les calculer. M. Noblemaire les ramène à trois types principaux :

1° On tient compte à l'exploitant de ses *dépenses effectives* dans la limite d'un maximum déterminé par une formule de la forme

$$a + b\,\mathrm{R},$$

R désignant la recette brute, a et b deux constantes;

2° On fixe à forfait, d'après une formule analogue à la précédente, le montant des frais d'exploitation, dont il y a lieu de tenir compte;

3° Les frais d'exploitation sont fixés à forfait, comme dans le deuxième système; mais le concessionnaire a droit à un minimum déterminé par kilomètre.

Si le produit net, évalué par l'un des moyens indiqués, se trouve insuffisant pour couvrir les charges du capital de premier établissement (ce qui est ordinairement le cas), le département paye la différence au concessionnaire; les sommes payées de ce chef ne sont d'ailleurs que des avances qui pourront être remboursées ultérieurement au département, si le produit net devient un jour supérieur aux charges du capital.

1er SYSTÈME. — Le premier système, qui ne tient compte à l'exploitant que de ses dépenses réelles dans la limite d'un maximum, est bon en principe, mais la difficulté consiste à fixer convenablement ce maximum. On a vu précédemment que c'est ce système que consacre le nouveau projet de loi sur les chemins de fer d'intérêt local, en y ajoutant, s'il y a lieu, une prime d'économie. Les diverses formules essayées jusqu'à présent pour assigner aux dépenses d'exploitation un maximum convenable, affectent comme nous l'avons dit plus haut, la forme générale suivante :

$$a + b\,R,$$

et, d'après M. Noblemaire, elles oscillent dans d'assez larges limites autour de la formule moyenne

$$F = 1800^f + \frac{1}{3}R,$$

F, dépenses d'exploitation par kilomètre,

R, recette brute par kilomètre.

Il est évident, *à priori*, qu'une formule de cette nature ne saurait convenir pour toutes les valeurs de la recette. Si elle est bonne pour des recettes moyennes de 3000 fr. par kilomètre, elle ne l'est plus pour des recettes notablement supérieures, ni pour des recettes inférieures.

Si l'on considère, par exemple, la formule

$$F = 2500^f + \frac{1}{4}R,$$

dans laquelle le terme constant est élevé et le coefficient de R assez faible, elle donne certainement des résultats trop forts pour les lignes dont la recette est faible; pour une recette kilométrique de 1200 fr., elle conduirait à un maximum de frais d'exploitation de 2800 fr., tout à fait inadmissible. Pour des recettes de 6000 à 8000 fr., qui sont relativement fortes et assez rares sur les lignes d'intérêt local, elle conduit aux valeurs

$$F = 4000^f \text{ et } F = 4500^f,$$

qui ne sont pas exagérées comme maximum.

Si l'on prend, au contraire, la formule

$$F = 750^f + \frac{3}{4}R,$$

où le terme constant est faible et le coefficient de R très élevé, elle donne des résultats trop faibles pour les petites recettes; pour $R = 1200^f$, elle donnerait

$$F = 1650^f,$$

chiffre insuffisant comme maximum.

Pour des recettes de 6000 à 8000 fr., elle donnerait

$$F = 5250^f \text{ et } F = 6750^f,$$

valeurs assurément trop élevées.

En outre, la première formule $F = 2500^f + \frac{1}{4}R$ a un inconvénient grave, c'est de ne pas intéresser suffisamment le concessionnaire à augmenter la recette en faisant des dépenses productives, puisque le quart seulement des recettes supplémentaires qui en résulteraient lui serait abandonné. L'autre formule n'a pas cet inconvénient, mais elle donne, comme nous venons de le voir, des chiffres trop élevés quand la recette devient forte.

En somme, une seule formule ne peut convenir à tous les cas, et nous pensons, comme M. Noblemaire, que, si l'on se décide pour ce système d'évaluation des dépenses d'exploitation, il conviendrait tout au moins de leur assigner un maximum variable avec la recette.

Voici les formules qu'indique M. Noblemaire :

Jusqu'à 1000^f de recette kilométrique, le maximum serait de...				R
De 1000 à 3000^f	—	—	...	$250^f + \frac{3}{4}R$
De 3000 à 5000^f	—	—	...	$1000^f + \frac{1}{2}R$
Au delà de 5000^f	—	—	...	$2000^f + 0{,}30\,R$

Il n'en propose pas cependant l'adoption, parce que, d'après lui, la solution du problème doit être cherchée dans une autre voie, celle du partage du *bénéfice net* entre le département et le concessionnaire. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Nous ne croyons pas non plus que les quatre formules indiquées plus haut donnent une solution satisfaisante; mais c'est pour un motif que nous développerons tout à l'heure, quand nous parlerons des forfaits d'exploitation. Nous ne faisons que l'indiquer en ce moment : une formule à deux termes, telle que $a + bR$, a l'inconvénient de donner, suivant la valeur des coefficients, des résultats trop élevés pour le trafic des voyageurs et pour celui des marchandises des catégories supérieures ou, au contraire, des résultats trop faibles pour les transports à prix réduits; c'est l'emploi d'une formule ayant un plus grand nombre de termes qui peut remédier à cet inconvénient.

Le système du remboursement des dépenses réelles présente, d'ailleurs, une difficulté d'ordre pratique, qu'il ne convient pas d'exagérer, mais qui existe cependant : c'est celle de la vérification de ces dépenses.

M. Considère, dans la deuxième partie de son étude sur l'*Utilité des chemins de fer d'intérêt local*, a examiné en détail les difficultés que comporte, d'après lui, cette vérification; après avoir fait remarquer que cette vérification de dépenses se fait couramment, en ce qui concerne les réseaux d'intérêt général, il ajoute que l'organisation des grandes Compagnies qui les exploitent, ainsi que la constitution du corps des ingénieurs et agents du contrôle, technique et financier, qui possèdent une compétence étendue et une grande expérience, rendent possible cette vérification, tandis qu'elle deviendrait beaucoup plus difficile pour les chemins de fer d'intérêt local, dont le contrôle est fait, soit par des ingénieurs départementaux, qui n'ont parfois qu'une expérience incomplète des chemins de fer, soit par des agents voyers, qui souvent en ont moins encore.

Ces considérations, qui ont leur valeur, ne nous paraissent cependant pas absolument concluantes; elles prouvent surtout que l'organisation du contrôle des chemins de fer d'intérêt local n'est pas toujours suffisamment forte, et qu'il y aurait lieu de la modifier pour lui permettre de s'exercer dans des conditions meilleures; c'est un point qui ne nous paraît pas douteux. Mais nous ne croyons pas qu'il y ait là une impossibilité et que la vérification des dépenses, qui se fait couramment pour les lignes d'intérêt général, soit irréalisable pour celles d'intérêt local. Quand on le voudra sérieusement, on pourra contrôler les petites Compagnies aussi bien que les grandes.

2e SYSTÈME. — Dans ce système, les dépenses d'exploitation sont évaluées *à forfait* d'après une formule, qui est généralement linéaire et à deux termes, comme celles dont il vient d'être parlé dans le premier système. Ce sont les résultats donnés par cette formule :

$$F = a + b R,$$

pour les diverses valeurs de la recette, qui constituent les sommes allouées au concessionnaire pour l'exploitation.

M. Noblemaire fait remarquer qu'en principe un pareil système est mauvais. Si le chiffre est fixé trop bas, l'entrepreneur est en perte, ce qui est inadmissible. S'il est fixé trop haut, l'exploitant peut alors rémunérer autre chose que des dépenses d'exploitation, ce qui lui constitue un bénéfice certain au détriment du département. Si, enfin, le chiffre du forfait est équitablement fixé, il en résulte que la totalité du bénéfice net d'exploitation, quand il y en a, soit $R - F$, est attribuée au département, sans que le concessionnaire en ait sa part; il n'y a plus, dès lors, association d'intérêts entre l'exploitant et le département.

En fait, les formules forfaitaires d'exploitation généralement employées

donnent plutôt des chiffres trop élevés; voici quelques exemples de celles qui sont en vigueur[1] :

Département de la Gironde. — Ligne du Blayais et réseau des Landes. (Voie normale.)

Tant que la recette est inférieure à 5500 fr., les frais d'exploitation sont invariables et égaux à

$$F = 3786^f.$$

Lorsque la recette est comprise entre 5500 et 6000f,

$$F = 4300^f.$$

Si la recette dépasse 6000 fr., la formule devient

$$F = 2300^f + \frac{R}{3}.$$

Département d'Indre-et-Loire. — Ligne de Port-Boulet à Châteaurenault. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000^f + 0{,}3\,R.$$

Lignes de Ligueil à Montrésor et du Grand-Pressigny à Esvres.

$$F = 2000^f + \frac{R}{3}.$$

Département de la Meuse. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 1800^f + 0{,}3\,R.$$

Département de l'Yonne. Ligne de Laroche à l'Isle-sur-Serein. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000^f + \frac{R}{3}.$$

Département de la Somme. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000^f + 0{,}3\,R.$$

Département de Seine-et-Marne. — Lignes de Montereau à Château-Landon et de la Ferté-sous-Jouarre à Montmirail. (Voie de 1 mètre).

$$F = 2000^f + \frac{R}{3}.$$

Département de la Charente. — Ligne d'Angoulême à Rouillac. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000^f + \frac{R}{3}.$$

Département de la Loire-Inférieure. — Tramway de Châteaubriant à Saint-Julien-de-Vouvantes. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000^f + \frac{R}{3}.$$

1 Heude, brochure citée.

La formule qui revient le plus souvent parmi celles que nous venons de citer est celle qui alloue à l'entrepreneur une somme fixe de 2000 fr. par kilomètre, plus le tiers de la recette brute. D'une manière générale, les formules les plus employées s'écartent assez peu des quatre types suivants :

$$F = 2300^f + \frac{R}{4},$$

$$F = 2000^f + \frac{R}{3},$$

$$F = 1800^f + \frac{R}{2},$$

$$F = 750^f + \frac{3}{4}R.$$

Les constantes de ces diverses formules ont été calculées de telle façon qu'il y ait égalité, ou à peu près, entre les frais forfaitaires d'exploitation et les recettes, lorsque ces dernières atteignent le chiffre de 3000 fr. Cela revient à admettre que la recette de 3000 fr. suffit exactement à couvrir les dépenses d'exploitation qu'elle entraîne, augmentées du bénéfice légitime du concessionnaire. Or, d'après les résultats fournis par l'exploitation de la plupart des lignes d'intérêt local, il paraît établi que l'équilibre se produit pour une recette inférieure à ce chiffre, ce qui tend à prouver que les constantes des formules sont trop élevées.

D'ailleurs, on a vu précédemment que le système des forfaits d'exploitation est condamné, en principe, par le projet de loi modificatif de celle du 11 juin 1880, qui prescrit de les remplacer par le remboursement des dépenses réelles, dans la limite d'un maximum fixé en fonctions du trafic.

Inconvénients des formules adoptées. — Il n'est pas difficile, en effet, de voir que l'emploi des formules précédentes, ou de toute autre analogue qui prévoit le partage uniforme de la recette brute, ne peut donner que de mauvais résultats. Cette question a fait l'objet d'une étude très complète de M. Considère[1], à laquelle nous empruntons les observations qui suivent.

En premier lieu, l'emploi de ces formules, qui allouent au concessionnaire une portion de la recette brute, conduit ce dernier à maintenir les tarifs à un niveau très préjudiciable à l'intérêt général.

En effet, supposons qu'un tarif soit fixé au chiffre qui donne le maximum de bénéfice d'exploitation. Examinons ce qui se passera si l'on augmente ce tarif d'une quantité très petite : le bénéfice d'exploitation changera peu, car toute fonction continue varie peu dans le voisinage de son maximum.

1. Considère. *Utilité des chemins de fer d'intérêt local* (2e partie), *Annales des Ponts et Chaussées*, mars 1892.

Mais, comme le trafic diminuera, il faut que la diminution de recette qui en résulte soit sensiblement égale à la diminution de dépense. Le concessionnaire, qui exploite d'après une formule telle que $a + \frac{R}{K}$, bénéficiera de la totalité de la diminution de dépense, mais il ne perdra que la fraction $\frac{1}{K}$ de la diminution de recette, et il réalisera un bénéfice d'autant plus grand que la fraction $\frac{1}{K}$ sera plus faible.

Dès lors, le concessionnaire a intérêt à maintenir les tarifs au dessus de la valeur qui rend maximum le bénéfice d'exploitation, et à les rendre d'autant plus élevés que la fraction $\frac{1}{K}$ de la recette qu'il conserve est plus petite. Cette situation est évidemment funeste à l'intérêt général; elle a pour résultat de réduire, dans une notable proportion, l'utilité totale produite par les chemins de fer d'intérêt local.

En second lieu, le partage uniforme de la recette brute empêche certains transports.

M. Considère admet que, pour qu'un concessionnaire n'éprouve pas une perte, au lieu de recueillir un bénéfice, lorsque le trafic augmente, il faut qu'il reçoive environ 3 à 4 centimes par tonne transportée à un kilomètre. Cette hypothèse est d'accord avec les chiffres qu'on trouve dans une *Note sur l'Exploitation locale des grandes compagnies*, de M. Tavernier (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1er semestre 1888). D'après cette étude et les documents statistiques qu'elle contient, le transport d'une tonne à 1 kilomètre aurait entraîné en 1883, sur les réseaux d'intérêt local exploités à cette époque, une augmentation moyenne de dépenses de 3c 74. La formule du prix de revient d'une unité de trafic est, en effet :

$$P = \frac{1989}{F} + 3^c 74,$$

F représentant le nombre des unités de trafic transportées (voyageurs ou tonnes à 1 kilomètre).

$\frac{1989}{F}$ est la part qui revient à chaque unité dans la dépense indépendante du trafic, et 3c 74 est l'augmentation de dépense qui correspond au transport de chaque unité en sus. C'est ce que M. Considère a appelé : *Prix de revient partiel de transport.*

Dès lors, pour qu'une tonne de marchandises laisse 4 centimes à un concessionnaire qui reçoit, d'après sa formule d'exploitation, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$

de la recette brute, il faut qu'elle paie un tarif de 16c, 12c, 8c ou 5c 3. Or, il est rare que des tarifs supérieurs à 12 centimes soient effectivement appliqués; le cahier des charges type prévoit, il est vrai, des taxes de 0f 16 et 0f 14 pour les marchandises des deux premières catégories, mais elles sont presque toujours réduites par des tarifs spéciaux. Il en résulte qu'avec les deux premières formules d'exploitation, celles qui laissent au concessionnaire le quart ou le tiers de la recette brute, ce dernier doit être forcément l'ennemi de presque tout le trafic-marchandises et faire tous ses efforts pour l'empêcher de naître et de se développer, puisqu'il correspond pour lui à une perte sèche.

La troisième formule empêche de même le transport des marchandises qui ne paient pas au moins 8 centimes; quant à la dernière, elle donne de meilleurs résultats, mais rend encore impossible le transport des matières pondéreuses, telles que pierres, sables, engrais, etc., qui ne peuvent supporter une taxe supérieure à 4 ou 5 centimes.

Enfin, et c'est là un inconvénient qui peut se faire sentir très gravement au public, le partage de la recette brute empêche l'établissement de trains qui seraient utiles.

En effet, si la dépense kilométrique des trains est égale à D, le concessionnaire, qui la supporte tout entière et qui ne reçoit qu'une fraction $\frac{1}{K}$ de la recette brute, n'a intérêt à faire de nouveaux trains que s'ils doivent donner une augmentation de recette supérieure à KD. Dans le cas contraire, il ne les fera que s'il y est contraint. Or, ces nouveaux trains peuvent être fort utiles, tout en donnant un supplément de recettes bien inférieur à KD; il suffit, en effet, que ce supplément soit égal à D pour que la création des nouveaux trains soit utile à la collectivité, puisqu'elle n'entraîne dans ce cas aucune perte d'exploitation et qu'elle rend service au public par suite de la plus grande fréquence des départs.

En résumé, le partage uniforme de la recette brute par l'emploi d'une formule telle que $a + b\mathrm{R}$ présente trois inconvénients principaux : il crée un antagonisme fâcheux entre les intérêts du public et celui du concessionnaire, en incitant ce dernier à maintenir les tarifs à un taux trop élevé; il empêche le transport de certaines marchandises; il empêche également la création de nouveaux trains, qui seraient utiles à la collectivité. On voit qu'en somme, les formules forfaitaires d'exploitation mentionnées ci-dessus présentent de sérieux inconvénients; on comprend qu'elles aient donné lieu à de graves mécomptes, et qu'un mouvement d'opinion se soit nettement dessiné dans le sens de leur suppression.

Pourtant ces formules sont encore très en honneur en Belgique. La Société

nationale des chemins de fer vicinaux, qui est concessionnaire de près de 700 kilomètres de lignes à voie étroite, les construit directement, les munit du matériel roulant, puis en donne à bail l'exploitation, d'après des formules analogues aux précédentes. Mais ces formules ne sont pas les mêmes pour toutes les recettes : elles sont au nombre de trois et peuvent s'écrire ainsi :

Jusqu'à 2000 francs de recette kilométrique, l'allocation est égale à	R
De 2000 à 5000^f, elle est de.....	$1500^f + 0{,}30\,R$
Au delà de 5000^f.....	$500^f + 0{,}50\,R$

Ces formules supposent donc que les dépenses d'exploitation augmentent plus vite pour les recettes supérieures à 5000 fr. que pour celles qui sont inférieures à ce chiffre. M. Noblemaire admet, au contraire, que les dépenses augmentent d'autant plus rapidement que les recettes sont plus élevées, et il estime que, dans cet ordre d'idées, il vaudrait mieux employer le groupe des quatre formules que nous avons citées à propos du premier système.

Quoi qu'il en soit, il n'est pas douteux que le groupe des formules belges présente les mêmes inconvénients que les formules uniques. En effet, pendant une année d'exploitation, la valeur de R se trouvant comprise entre deux des limites indiquées pour l'application des formules, c'est l'une d'elles qui sera seule employée et elle produira les mêmes effets que si les autres n'existaient pas.

Formule du Finistère. — Formule à 6 termes. — Le système du forfait a cependant trouvé, en M. Considère, un défenseur fort habile ; mais c'est à la condition que ce forfait soit réalisé au moyen d'une formule à 6 termes, qui tient compte séparément des recettes voyageurs et marchandises, des nombres de voyageurs et de tonnes kilométriques, enfin des kilomètres parcourus par les trains dans l'année. Il convient de dire ici quelques mots de cette formule.

Elle est fondée sur le principe suivant : au lieu d'abandonner au concessionnaire une même fraction de toutes les recettes, ce qui conduit aux inconvénients signalés plus haut, on lui donne une part de chacune d'autant plus grande que le transport correspondant est naturellement moins avantageux, c'est-à-dire qu'il y a moins d'écart entre le tarif et la dépense du transport. L'application de ce principe a conduit à une formule à coefficients multiples qui a été insérée dans la convention relative aux chemins de fer d'intérêt local du Finistère, et qui est la suivante :

$$(1) \quad F = 1550^f + 0{,}30R^v + 0{,}47\,r^a + 0{,}50\,r^b + 0{,}53\,r^c + 0{,}58\,r^d + 0{,}65\,r^e + 0{,}77\,r^f + 0{,}86\,r^g + r^h.$$

R^v représente la recette des voyageurs et des marchandises en grande vitesse ;

r^a r^b r^c r^d r^e r^f r^g r^h

représentent les recettes de petite vitesse correspondant, après déduction des frais accessoires, à des tarifs compris entre les minima exclus de

$$15^c,\ 13^c,\ 11^c,\ 9^c,\ 7^c,\ 5^c5,\ 4^c5,\ 0$$

et les maxima inclus de

$$16^c,\ 15^c,\ 13^c,\ 11^c,\ 9^c,\ 7^c,\ 5^c5,\ 4^c5.$$

Ces chiffres de recettes comprennent les frais accessoires, mais non les impôts.

Le principe sur lequel repose cette formule nous paraît susceptible de remédier aux inconvénients signalés. Il est évident, d'ailleurs, que les coefficients, qui ont été choisis en vue de l'exploitation des lignes du Finistère, pourraient et devraient varier, suivant les circonstances, d'après le type de chemin de fer adopté et notamment d'après le prix de revient des transports. Voici, en tout cas, comment ils ont été fixés.

On a admis, pour le trafic-voyageurs, le coefficient 0,30, parce que les concessionnaires se reconnaissent, en général, comme suffisamment intéressés quand on leur abandonne le 1/3 ou le 1/4 de la recette.

Pour les matières pondéreuses, transportées à bas prix, on a admis que le concessionnaire doit conserver au moins 4 centimes par tonne pour être réellement intéressé au développement du trafic, ainsi que nous l'avons exposé précédemment.

Pour les autres marchandises, qui paient plus cher, on a alloué au concessionnaire une fraction d'autant plus faible de la recette que le tarif est plus élevé; c'est ainsi qu'on a obtenu les coefficients décroissants de 0,86, 0,77, 0,65, 0,58, 0,53, 0,50 et 0,47.

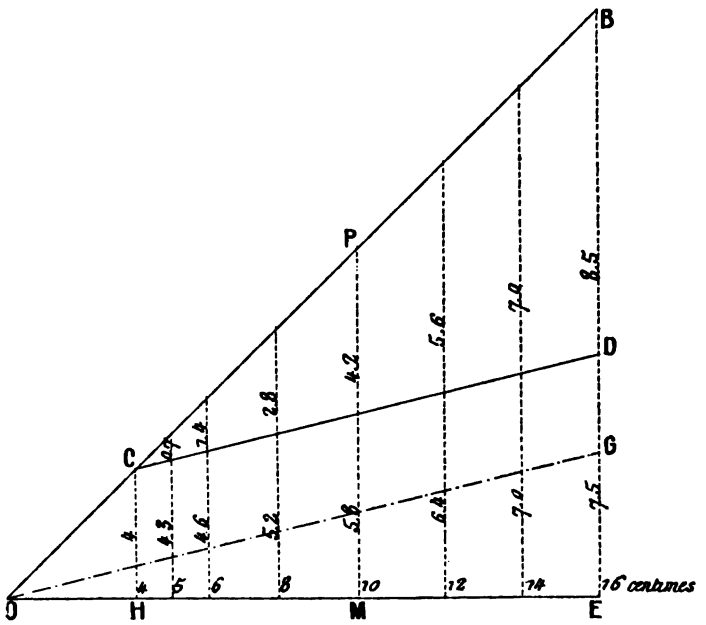


Fig. 4.

Les effets produits par cette formule, en ce qui concerne les marchandises, sont rendus sensibles aux yeux au moyen de l'épure que représente la figure 4.

Sur une ligne horizontale OE on porte les différents tarifs, et par le point O on mène une ligne OB inclinée à 45°. Chacune des ordonnées MP de cette ligne est égale à l'abscisse correspondante OM et représente la recette que donne une tonne de marchandise, à laquelle on applique le tarif OM. La ligne CD représente les effets produits par la formule du Finistère ; elle divise chaque ordonnée en deux parties : la partie supérieure est la fraction de la recette qui revient au département (y compris la part de l'État), la partie inférieure est celle qui est allouée au concessionnaire.

On voit que l'ordonnée HC est tout entière au dessous de la ligne de séparation CD, ce qui montre que le concessionnaire conserve la totalité des recettes produites par le tarif OH, égal à 4 centimes ; l'ordonnée extrême EB, correspondant au tarif de 16 centimes, est, au contraire, divisée de telle sorte, que le concessionnaire reçoit seulement les 47/100 de la recette, soit $7^c 8$ par tonne. L'épure indique, pour chaque tarif, la somme allouée au concessionnaire et celle que conserve le département.

Il est clair que, si les coefficients avaient des valeurs différentes, la ligne CD pourrait varier de position et d'inclinaison ; elle pourrait même devenir courbe, il n'y a à cela aucune impossibilité. Ce qu'il faut seulement retenir, c'est que cette ligne se détache de la ligne de recette OB en un point C qui résulte du prix de revient de transport des matières pondéreuses, et qu'elle va en s'élevant vers la droite, mais moins vite que la ligne OB.

L'épure de la figure 4 permet de remplacer la formule du Finistère, qui est longue et complexe et qui a l'inconvénient d'être discontinue [1], par une autre, absolument équivalente, mais plus simple et continue.

Si l'on mène par le point O une ligne OG parallèle à CD, il se trouve que son coefficient angulaire est égal à 0,30 et que les portions d'ordonnées comprises entre ces deux lignes sont égales à $2^c,8$ plus 0,30 du tarif correspondant ; par suite, les termes de la formule qui contiennent r^a, r^b, r^c..., etc, peuvent être remplacés par les deux termes

$$0{,}028\ M^k + 0{,}30\ R^x,$$

M^k représentant le nombre de tonnes kilométriques de marchandises transportées en petite vitesse,
R^x la recette totale correspondante.

La formule n'a donc plus que quatre termes :

$$F = 1550^f + 0{,}30\ R^v + 0{,}028\ M^k + 0{,}30\ R^x,$$

1. En passant du tarif $9^c 01$ au tarif 9^c, par exemple, la part de recette du concessionnaire s'élève brusquement de 58 à 65 p. °/o.

et, par suite de l'égalité accidentelle des deux coefficients de R^v et de R^u, ces quatre termes se réduisent à trois :

$$(2) \qquad F = 1550^f + 0{,}30\ R + 0{,}028\ M^k,$$

R étant la recette totale $R^v + R^u$.

La transformation de la formule (1) est toujours possible par le procédé que nous venons d'indiquer ; seulement, le coefficient angulaire de la ligne OG n'étant pas, dans tous les cas, égal à 0,30, la formule (2) à laquelle on arrive conservera en général quatre termes.

Telle est la formule (1), ou son équivalent (2), qui régit la convention du réseau départemental du Finistère. Ce n'est pas cependant celle-là que M. Considère propose d'appliquer pour l'avenir.

On s'est aperçu, en effet, que la formule (2), dite à 4 termes, présente, au point de vue de la création de nouveaux trains de voyageurs, le même inconvénient que toutes celles qui prévoient le partage uniforme de la recette brute dans la proportion de 30 pour 100. Pour remédier à cette situation et faire que le concessionnaire ait intérêt à créer des trains nouveaux, il suffit de lui payer, pour chaque kilomètre de parcours des trains, une somme égale au déficit que lui laisse le partage à 30 0/0 de la recette brute.

Si, par exemple, la dépense kilométrique d'un train est de $0^f 60$, pour que le concessionnaire ne soit pas mis en déficit par la création d'un nouveau train, il faut qu'il en tire au moins $0^f 60$; si la formule d'exploitation lui alloue 30 p. 0/0 de la recette brute, il faudra donc lui donner en outre par kilomètre de train

$$0^f 60 - \left(\frac{30}{100} \times 0^f 60\right) = 0^f 42.$$

Cela revient à ajouter à la formule (2) un terme de la forme fK, K désignant le nombre de kilomètres parcourus dans l'année par les trains.

Enfin, si l'on veut inciter le concessionnaire à diminuer les tarifs de voyageurs, il suffit d'introduire dans la formule un 6e terme, $d\,V^k$, c'est-à-dire de payer une somme déterminée par voyageur kilométrique V^k. M. Considère fait remarquer que l'opportunité de cette adjonction peut paraître douteuse, les tarifs de voyageurs des chemins d'intérêt local étant généralement assez bas, à cause de la concurrence que leur font les voitures. Toutefois, pour rester dans le cas le plus général, il propose de maintenir le terme dV^k et arrive définitivement à la formule suivante :

$$(3) \qquad F = a + b\ R^v + c\ R^u + d\ V^k + e\ M^k + f\ K.$$

Il n'y aurait aucun intérêt à connaître la série des calculs par lesquels on a déterminé les coefficients de cette formule, de manière à lui faire donner, en moyenne, les mêmes résultats pour le concessionnaire que la formule à 4 termes ; il suffira de savoir que, dans sa forme numérique, cette formule s'écrit :

$$F = 1000^f + 0{,}15\,R^v + 0{,}25\,R^x + 0{,}004\,V^k + 0{,}012\,M^k + 0{,}40\,K.$$

Nous ne nous arrêterons pas plus longtemps à l'examen de cette formule : le lecteur, désireux de trouver sur ce sujet de plus amples renseignements, pourra consulter le travail original de l'auteur. Nous croyons, comme lui, que la formule à 6 termes est bien supérieure, à tous les points de vue, aux diverses formules qui prévoient le partage uniforme de la recette brute, et nous reconnaissons qu'elle est rationnelle et établie en tenant compte de tous les intérêts en jeu. Mais elle est forfaitaire, et cela seul suffit pour que nous n'en proposions pas l'adoption, tout forfait d'exploitation nous paraissant un expédient auquel nous croyons qu'il vaut mieux ne pas avoir recours, à moins de ne pouvoir faire autrement. En un mot, si l'on croit devoir adopter le principe du forfait d'exploitation, il ne nous paraît pas douteux que la formule à 6 termes, avec des coefficients convenablement établis, ne soit préférable à toutes les autres; mais nous persistons à penser qu'il vaut mieux ne pas faire de forfaits d'exploitation.

3e SYSTÈME. — Le troisième système dont nous avons parlé consiste à fixer à forfait les dépenses d'exploitation, en fonctions de la recette brute, mais à allouer en tout cas au concessionnaire un minimum, au dessous duquel ces dépenses ne peuvent pas descendre.

Ce système de forfait a reçu d'assez nombreuses applications; en voici quelques exemples donnés par M. Heude.

Département des Bouches-du-Rhône. — Lignes de Fontvielle à Salon, d'Eyguières à Meyrargues, etc. (Voie normale.)

$$F = 2300^f + \frac{R}{3},$$

avec minimum de 4600 fr., correspondant à une recette de 6000 fr.

Département de la Haute-Marne. — Ligne de Gudmont à Rimaucourt. (Voie normale.)

$$F = 2000^f + \frac{R}{3},$$

avec minimum de 4000 fr. pour les trois premières années d'exploitation, et de 4300 fr. pour les années suivantes.

Département du Puy-de-Dôme. — Ligne de Gerzat à Maringues. (Voie normale.)

$$F = 2000^f + \frac{R}{3},$$

avec minimum de 3666 fr. 66.

A partir d'une recette kilométrique de 12000 fr., la formule sera remplacée par

$$F = \frac{R}{2}.$$

Département de la Manche. — Ligne de Valogne à Barfleur. (Voie normale.)

$$F = 2300^f + \frac{R}{3},$$

au minimum de 4500 fr.

Département des Landes. — Ligne de Sore à Luxey. (Voie normale.)

$$F = 2300^f + \frac{R}{3},$$

avec minimum de 4300 fr. lorsque les recettes dépasseront 5500 fr. Au dessous de ce chiffre, les frais d'exploitation sont fixés à 3275 fr. pour un seul train dans chaque sens.

Département de l'Allier. — Lignes de Moulins à Cosne et de Varennes à Bezenet. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 1800^f + \frac{R}{4},$$

avec minimum de 3700 fr., d'où il résulte que la formule ne sera applicable que lorsque les recettes dépasseront 7600 fr.

Département du Cher. — Ligne de Bourges à Dun-sur-Auron. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 1800^f + \frac{R}{4},$$

avec minimum de 3200 fr. correspondant à une recette de 5600 fr.

Département de Seine-et-Oise. — Ligne de Valmondois à Epiais-Rhus. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000^f + \frac{R}{4},$$

avec minimum de 6000 fr.; la formule ne sera donc appliquée que lorsque les recettes atteindront 16000 fr.

Après l'étude que nous venons de faire des résultats donnés par les forfaits d'exploitation, il ne nous paraît pas nécessaire de discuter ce troisième système, qui participe évidemment à tous les inconvénients du précédent, aggravés encore par l'allocation d'un minimum souvent beaucoup trop élevé. La plupart des conventions qui contiennent les formules indiquées ci-dessus ont pour effet d'enlever au concessionnaire tout désir de voir se

développer le trafic, et même certaine d'entre elles (celle du département de l'Allier) fait que l'exploitant a un intérêt évident à ne rien transporter du tout. Il est facile de s'en rendre compte en quelques mots.

Le concessionnaire, qui a construit la ligne et l'exploite pour 99 ans, reçoit l'intérêt à 5 °/₀ du capital qu'il a engagé; en outre, on lui paye des frais d'exploitation de 3700 fr. par kilomètre, quelle que soit la recette, tant qu'elle ne dépassera pas 7600 fr. Avec des recettes de 2800 et de 4000 fr., qui sont celles de l'année 1890, le concessionnaire n'est pas en perte, mais il a grand intérêt à ce que les recettes n'augmentent pas, car il recevrait en moins du département et de l'État exactement la somme dont le trafic se serait élevé, et, comme ses dépenses d'exploitation augmenteraient nécessairement avec les recettes, il serait finalement en perte. Il n'est pas besoin d'insister sur les inconvénients d'une semblable combinaison.

Autres systèmes adoptés pour l'exploitation. — En dehors des systèmes dont nous venons de parler, il en existe d'autres, dont il convient de dire ici quelques mots.

Partage du bénéfice net. — C'est la solution proposée par M. Noblemaire comme lui paraissant la plus avantageuse, pour le département comme pour l'entrepreneur. Voici comment il la justifie.

Supposant, ainsi que nous l'avons exposé, que le département aura fait, avec le secours de l'État, une mise de fonds immédiate pour établir lui-même son chemin de fer, il ajoute qu'il ne peut plus, dès lors, être question de garantie d'intérêt, mais qu'il s'agit seulement d'exploiter la ligne dans les meilleures conditions, dans l'intérêt de tous, et de lui faire rendre le maximum de produit net, à partager dans une certaine proportion entre le département et son fermier.

« Renonçant alors, ajoute-t-il, à rechercher une de ces formules d'exploitation qu'il est si malaisé d'établir sans léser les intérêts d'une des parties en cause, le département autoriserait son fermier à prélever sur la recette brute l'intégralité de ses frais effectifs d'exploitation, en se réservant, bien entendu, d'en contrôler l'exactitude et la nécessité. Il pourrait même, s'il croyait indispensable ce supplément de garantie, les limiter par un maximum dont la formule, beaucoup moins importante alors que dans l'état actuel des choses, devrait être en tous cas suffisante pour que l'exploitant pût raisonnablement s'y mouvoir et pourrait sans doute, sans inconvénient, être représentée par l'expression $2000^{f} + 0{,}30\,R$.

Le bénéfice net de l'exploitation, différence entre la recette et la dépense effective, serait à répartir entre le département et l'entrepreneur de la manière suivante, par exemple :

De 0 à 400 fr. de bénéfice net kilométrique, le fermier en aurait..	50 °/₀
Sur les 1600 fr. suivants, il toucherait.....	25
Sur tout ce qui dépasserait 2000 fr.....	18

L'exploitant serait ainsi immédiatement et constamment incité à augmenter le produit net, il n'aurait plus la crainte d'engager une dépense utile, à la seule condition qu'elle amène un produit au moins égal, puisqu'en la faisant, il augmenterait le produit net, dont une part lui est attribuée.

Le département, de son côté, recevrait dans le bénéfice net une part limitée tout d'abord à 50 %, de manière à inciter l'exploitant à créer, le plus tôt possible, un bénéfice net d'exploitation, puis rapidement croissante, de manière à rémunérer de mieux en mieux, par une loi raisonnable de progression, le capital qu'il aura consacré à l'établissement de la ligne. »

M. Noblemaire propose, en outre, de faire fournir le matériel roulant par l'entrepreneur et de l'autoriser à ajouter aux frais d'exploitation l'intérêt, à 5 % par exemple, de la valeur de ce matériel.

Si les seuls intérêts en jeu étaient ceux du département et du fermier ou concessionnaire, la solution proposée par M. Noblemaire paraîtrait de tous points excellente; elle aurait effectivement pour résultat d'intéresser toujours l'exploitant, à la fois à accroître le produit brut et à réduire ses frais d'exploitation, c'est-à-dire à rendre aussi grand que possible le bénéfice net d'exploitation. Ce serait parfait si les chemins de fer étaient une industrie libre et si les départements étaient assimilables à des sociétés financières cherchant uniquement à faire fructifier leurs capitaux. Mais il n'en est pas et il ne peut pas en être ainsi. Comme le fait très judicieusement remarquer M. Considère, « cette conception du rôle des départements est l'absolu contre-pied de la réalité. Loin de chercher, dans la construction des chemins de fer d'intérêt local, des placements avantageux, les départements savent fort bien qu'il n'en résultera, le plus souvent, pour eux qu'une perte importante, le bénéfice d'exploitation, lorsqu'il existe, étant généralement bien inférieur aux intérêts de la dépense de premier établissement. »

On ne saurait mieux dire, et l'erreur grave contre laquelle s'élève M. Considère provient de ce qu'on est porté à assimiler l'industrie des chemins de fer à une industrie libre, et à croire qu'elle doit, pour être véritablement fructueuse, donner un bénéfice immédiat en argent; rien n'est plus faux, surtout en ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local, ainsi que nous l'avons établi dans la première partie de ce chapitre, où nous avons montré que l'utilité totale de ces chemins de fer se compose de trois termes, savoir : 1° le bénéfice net d'exploitation; 2° les économies de transport; 3° les avantages indirects procurés au public. Or, le premier terme n'a qu'une importance bien minime, par rapport aux deux autres, ainsi que nous l'avons établi. Nous l'avons déjà dit et nous ne saurions trop le répéter : rien n'autorise à penser qu'une exploitation *à perte* des chemins de fer, c'est-à-dire une exploitation analogue à celle qui est adoptée pour les

routes et pour les canaux, ne puisse être parfaitement légitime et très utile à la collectivité des citoyens, alors que, pour les routes, les canaux et les chemins de toute catégorie, elle est universellement admise, sans que personne songe à protester contre cette situation qui dure depuis un temps immémorial, et qui procure de si grands avantages au pays.

La nécessité d'exploiter les chemins de fer, uniquement de manière à satisfaire les intérêts généraux, semble avoir été perdue de vue pendant bien des années; elle avait été cependant posée en principe d'une manière fort nette dans le rapport annexé à l'ordonnance du 15 novembre 1846, rapport qui s'exprimait comme il suit :

« Les chemins de fer, qu'ils soient concédés ou non, font essentiellement partie du domaine public ; *ils ne peuvent, ils ne doivent être exploités que dans l'intérêt de tous*, et c'est à l'autorité publique qu'il appartient d'en régler l'usage. »

Il importe que ce principe ne soit pas oublié. Il est donc tout à fait irrationnel de donner pour but unique aux chemins de fer d'intérêt local la production du plus grand bénéfice net d'exploitation et de sacrifier les véritables intérêts du pays à ce résultat, d'importance tout à fait secondaire. Or, c'est ce qui arriverait fatalement avec le partage du bénéfice net, le concessionnaire comme le département ne pouvant avoir, dans ce cas, qu'un seul objectif, celui d'augmenter le plus possible ce bénéfice net, ce qui conduirait à ne jamais abaisser les tarifs au dessous de la limite qui rend maximum ce bénéfice, bien qu'elle lèse absolument les intérêts du public.

Payement au kilomètre de parcours des trains. — Quelquefois, on prend pour base du règlement des comptes d'exploitation le nombre de kilomètres des trains parcourus pendant l'année, en donnant, en outre, au concessionnaire une fraction minime de la recette brute.

M. Considère fait remarquer que ce mode de convention présente deux inconvénients :

1° Il est défavorable au développement du trafic des marchandises, tant que les trains exigés par le cahier des charges sont suffisants, sans contestation possible. En effet, il peut dans ce cas se représenter par la formule

$$F = A + \frac{R}{K},$$

A étant une constante proportionnelle au nombre de kilomètres exigés et nous avons vu précédemment les inconvénients que présente, au point de vue du trafic-marchandises, l'adoption d'une formule de ce genre;

2° Il devient très dangereux pour les intérêts du département, dès qu'on peut demander l'organisation de nouveaux trains, attendu que le concession-

naire, dont le bénéfice provient de l'excès du prix payé pour le kilomètre de train sur la dépense qu'il entraîne réellement, a un intérêt évident à augmenter le nombre des trains, bien au delà des besoins véritables de l'exploitation.

Les inconvénients signalés nous paraissent très réels, le premier surtout, en raison de la faiblesse du coefficient $\frac{1}{K}$, qui est généralement voisin de $\frac{1}{20}$. Dès lors, nous croyons que ce mode de convention ne doit pas être adopté.

Système définitivement proposé pour l'exploitation. — Après avoir fait la critique des différents systèmes adoptés, il convient d'indiquer celui qui paraît devoir les remplacer, pour tenir compte du principe que nous énoncions tout à l'heure, et qui consiste à exploiter les chemins de fer dans l'intérêt de tous. Si le lecteur a suivi attentivement l'exposé que nous venons de faire, il apercevra nettement que deux systèmes seulement nous paraissent possibles : ou l'exploitation directe par le département, ou l'affermage de l'exploitaton à un entrepreneur, dans des conditions à déterminer.

Bien peu d'ingénieurs paraissent actuellement favorables au premier système et nous le regrettons. Partisan de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général par l'État, ou tout au moins d'une exploitation dans laquelle l'État aurait des droits effectifs bien plus grands que dans le système de la concession à des sociétés particulières, nous ne pouvons pas croire qu'en principe, l'exploitation des lignes d'intérêt local par les départements doive donner de mauvais résultats. Elle aurait, dans tous les cas, l'incontestable avantage de supprimer la complication des comptes d'exploitation à régler avec un concessionnaire ; elle permettrait d'abaisser les tarifs, au grand avantage de la collectivité des citoyens et de l'utilité générale du chemin de fer ; elle supprimerait enfin cette dualité de services qui existe dans tous les départements et qui résulte forcément des systèmes actuellement adoptés, savoir : un service pour exploiter la ligne et un service pour contrôler l'exploitant.

L'exploitation directe par le département serait-elle d'une application difficile ? Nous ne le pensons pas.

Les ingénieurs des départements, qui font le contrôle de la ligne, pourraient tout aussi bien en faire l'exploitation. Il y aurait, à la fois, économie d'administration et simplification dans les rouages administratifs.

Quoi qu'il en soit, cette solution n'a que peu de chances d'être adoptée, et il ne reste alors que celle qui consiste à affermer l'exploitation, moyennant certaines conditions, qui nous paraissent devoir être les suivantes : remboursement des dépenses réelles, dans les limites d'un maximum déter-

miné en fonctions du trafic, en accordant au fermier une partie des économies qu'il réaliserait par rapport à ce maximum. C'est, on le voit, le système préconisé par l'exposé des motifs du nouveau projet de loi. Il nous paraît réunir des avantages qui permettent d'en proposer l'adoption. M. Considère, qui examine ce système dans la deuxième partie de son étude, reconnaît d'ailleurs ces avantages, et, s'il ne conclut pas en sa faveur, c'est seulement parce qu'il exige la vérification des dépenses et l'immixtion du département dans la direction même de l'exploitation, ce qui lui paraît inacceptable.

Nous nous sommes déjà expliqué à ce sujet et nous avons fait remarquer que la vérification des dépenses ne nous paraissait pas présenter les difficultés que l'on craint; quant à l'immixtion du département dans la direction de l'exploitation, loin de la redouter, nous la considérons comme désirable et nous croyons que c'est le seul moyen d'arriver à ce que les lignes ne soient exploitées *que dans l'intérêt de tous*, conformément au principe posé par la règlementation de 1846.

Reste à savoir de quelle façon serait fixé le maximum des frais d'exploitation; ici nous sommes, bien entendu, complètement d'accord avec M. Considère : il faut se garder d'adopter une formule telle que

$$M = a + b\ R.$$

Le maximum ainsi fixé serait ou beaucoup trop large pour le trafic des voyageurs et des marchandises des catégories supérieures, ou beaucoup trop réduit pour celui des transports à bas prix. « Si les premiers dominent, le concessionnaire aura trop de marge et réalisera des bénéfices exagérés; si, au contraire, les derniers l'emportent, il pourra faire une perte sèche. En tous cas, il cherchera à développer les uns au détriment des autres. »

Il y a donc grand intérêt à chercher, pour fixer ce maximum, une formule qui donne des chiffres bien en rapport avec les dépenses réelles d'exploitation, et il nous paraît évident que la formule à six termes remplit cette condition et qu'elle doit trouver ici son emploi. Dès l'instant qu'elle n'est pas destinée à établir un forfait, mais un maximum, cette formule, avec des coefficients convenables, nous semble excellente.

Voici donc, en définitive, le système que nous proposons, à défaut de l'exploitation directe.

Le département construirait la ligne à ses frais, ainsi que nous l'avons indiqué, et il rechercherait, pour l'exploitation, non pas un concessionnaire, mais un fermier, auquel il se lierait pour une période assez courte, 15 ou 20 ans par exemple.

Il pourrait, comme le propose M. Noblemaire et conformément à l'esprit

du nouveau projet de loi, demander à ce fermier de fournir à ses frais le matériel roulant, dont on lui paierait l'intérêt à 5 °/₀, par exemple.

Le département conserverait les droits les plus étendus sur l'exploitation de la ligne, notamment en ce qui concerne la fixation des tarifs, le nombre des trains dans chaque sens, etc., de manière à la diriger réellement dans l'intérêt de tous. Les dépenses d'exploitation, dûment contrôlées, seraient remboursées au fermier d'après leur chiffre réel, dans les limites d'un maximum déterminé par la formule :

$$F = a + b\,R^v + c\,R^m + d\,V^k + e\,M^k + f\,K\,;$$

a, b, c, d, e et f étant des constantes à déterminer dans chaque cas particulier,
R^v désignant la recette du trafic des voyageurs,
R^m — — des marchandises,
V^k — le nombre de voyageurs kilométriques,
M^k — le nombre de tonnes kilométriques,
K — le nombre de kilomètres parcourus par les trains dans l'année.

Le fermier aurait droit, en outre, à une portion de l'économie qu'il réaliserait par rapport aux chiffres donnés par la formule.

Il est certain qu'un pareil système serait beaucoup moins simple qu'un forfait d'exploitation déterminé par la formule $a + b\,R$; mais les avantages qu'il présente sont hors de proportion avec la faible augmentation de dépense que peut entraîner, pour l'exploitant, l'emploi de la formule à 6 termes.

D'ailleurs, les difficultés d'application de cette formule ne sont pas grandes et sa complication n'est qu'apparente, comme l'a fait voir M. Considère, et comme il est facile de le montrer en quelques mots.

Les trois premiers termes de la formule ne soulèvent aucune difficulté, le premier étant une constante et les deux autres renfermant les quantités R^v, recette des voyageurs, et R^m, recette des marchandises, qui sont directement connues.

Le quatrième terme, V^k, nombre de voyageurs kilométriques, s'obtiendra assez facilement, en prenant le nombre de billets délivrés dans l'année entre deux stations quelconques, en les multipliant par la distance qui les sépare et faisant la somme des produits ainsi obtenus.

Le cinquième terme, M^k, nombre de tonnes kilométriques, s'obtiendra sans plus de difficultés : les poids des marchandises sont toujours connus ; quant aux distances de transport, elles servent de base au calcul des tarifs sur les feuilles d'expédition ; on totalisera, en fin d'année, les produits obtenus en multipliant les premiers par les secondes.

Reste le terme K, parcours total des trains dans l'année, qui est facile à avoir, puisqu'il figure dans les écritures de l'exploitant.

CHAPITRE IV

DES CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE

§ 1er. — Aperçu des économies que peut procurer l'adoption d'une largeur de voie de 0m 90 à 1m. — Economies dans les dépenses de construction. Exemples. — Economies dans les dépenses d'exploitation. Exemples. — Conclusions.
§ 2. — Chemins de fer à voie plus étroite que 1 mètre. — Lignes à voie de 0m 60. — Exemples. — La circulaire ministérielle du 12 janvier 1888. Son abrogation virtuelle.
§ 3. — Comparaison entre la voie de 1m et la voie de 0m 60. Examen des principaux arguments produits en faveur de l'une et l'autre voie. Conférence de M. Coste. Brochure de M. Félix Martin. Réponses de M. Decauville. — Conclusions.

§ 1er. — Aperçu des économies que procure l'emploi de la voie de 1 mètre.

On ne conteste plus guère aujourd'hui les avantages que présente l'adoption d'une voie plus étroite que la voie normale (1m 44 à 1m 45 entre les bords intérieurs des rails) pour l'établissement des lignes à faible trafic, qui forment la majorité des lignes restant à construire, tant en France qu'à l'étranger, et l'on sait maintenant d'une manière certaine que la réduction de la largeur de la voie peut conduire à des économies assez importantes pour rendre possible la construction d'une ligne qui, établie à voie normale, serait ruineuse pour l'entreprise qui s'en chargerait.

Dans notre *Traité des Chemins de fer*[1], nous avons résumé, de la manière suivante, la dépense moyenne d'établissement d'une ligne à voie normale (et à voie unique) destinée à devenir un trafic modéré, compris entre 8000 et 15000 fr. par kilomètre.

CHEMINS DE DIFFICULTÉ ORDINAIRE

Infrastructure	105000 f
Superstructure	65000
Matériel roulant	20000
Intérêts pendant la construction, 10 % des sommes ci-dessus	19000
TOTAL	209000 f
soit, en chiffres ronds	210000

1. Paris, 1891, tome II, page 321.

CHEMINS FACILES

Infrastructure	75000 f
Superstructure	65000
Matériel roulant	20000
Intérêts pendant la construction, 10 °/₀ des sommes ci-dessus	16000
TOTAL	176000 f
soit	175000

Les évaluations ci-dessus, qui ne sont d'ailleurs que de simples moyennes, se rapportent à une ligne desservie par cinq trains dans chaque sens.

Pour une ligne dont le trafic serait encore plus faible, le nombre de trains pourrait être diminué et ramené à trois dans chaque sens; la dépense du matériel roulant se réduirait dans une certaine proportion, mais ne pourrait guère descendre au dessous de 12000 fr. par kilomètre. Le prix de revient de la ligne s'abaisserait alors jusqu'à 200000 fr. pour un chemin de difficulté ordinaire et 167000 fr. pour un chemin facile. Il ne faudrait pas compter descendre au dessous de ces chiffres.

D'un autre côté, nous avons évalué à 5000 fr. par kilomètre[1] le minimum de la dépense d'exploitation d'une ligne à voie normale, desservie par trois trains dans chaque sens et exploitée dans les conditions les plus économiques par des trains légers et avec un personnel restreint dans les gares.

Examinons avec quelques détails les différentes économies que peut procurer l'adoption d'une voie plus étroite, dans la construction et dans l'exploitation.

ÉCONOMIES DANS LES DÉPENSES DE CONSTRUCTION. — Les économies qu'on peut réaliser dans les dépenses d'établissement d'une ligne à voie étroite proviennent de deux sources : l'emploi de courbes plus prononcées, l'adoption d'une voie plus légère.

Ce qui limite les courbes sur les chemins de fer, c'est principalement la solidarité des roues et le parallélisme des essieux, deux conditions qui tiennent au mode de construction du matériel roulant ordinairement employé, et connu sous le nom de matériel *rigide*, parce que les essieux sont fixés au châssis dans des positions parallèles ou à très peu près invariables. Les essieux forment ainsi avec les deux parois longitudinales du wagon une sorte de parallélogramme à peu près indéformable, qui ne peut pas s'inscrire dans une courbe d'un rayon trop petit. Or, si l'on adopte une voie plus étroite, le matériel roulant sera aussi plus étroit; la longueur des wagons diminuera proportionnellement, de sorte que l'écartement des essieux sera plus faible

1. *Traité complet des Chemins de fer*, tome III, page 256.

et que le parallélogramme passera plus facilement dans les courbes. L'adoption d'une largeur de voie réduite procurera donc de notables facilités pour l'emploi des courbes et, par suite, des économies importantes dans la dépense d'établissement de la plate-forme, puisque le tracé de la ligne pourra épouser de plus près la forme du terrain.

Il ne faut rien exagérer toutefois. L'emploi de courbes très prononcées, en admettant qu'il fût possible par suite des dispositions du matériel roulant, aurait l'inconvénient de réduire la vitesse des trains dans une proportion considérable, d'abord parce que la présence des courbes créerait une résistance à la traction qui pourrait atteindre un chiffre élevé, ensuite parce que la circulation en vitesse dans des tracés très sinueux présenterait des dangers. Il faut donc se tenir dans de sages limites en ce qui concerne le rayon des courbes et ne pas chiffrer trop haut l'avantage que procure à ce point de vue l'adoption de la voie étroite.

« Cet avantage, écrivait M. Sévène en 1876[1], est d'autant plus marqué que la voie sera plus étroite. Les essais de petite voie qui ont eu lieu jusqu'ici ont varié entre 0^m 76 et 1^m 15 de largeur. Il y a une application de l'écartement de 0^m 61, sur le chemin de fer de Festiniog, dans le pays de Galles; mais les ingénieurs qui l'exploitent recommandent eux-mêmes de ne pas descendre aussi bas. Tous les autres chemins à petite voie ont des écartements compris entre 0^m 76 et 1^m 15, et l'on s'accorde en général à regarder l'écartement de 0^m 90 à 1^m comme celui qui concilie le mieux les économies du tracé et les facilités de construction du matériel. Avec cet écartement de 0^m 90 à 1^m, on peut sans difficulté franchir des courbes de 100 mètres et, exceptionnellement, des courbes plus raides, dans les gares, par exemple. »

L'expérience a, en effet, démontré que le matériel des lignes à voie d'un mètre passe au moins aussi facilement dans les courbes de 100 mètres que celui des lignes à voie normale dans les courbes de 300 mètres[2]. Il faut seulement, avec des courbes aussi réduites, renoncer aux grandes vitesses, ce qui est parfaitement acceptable pour des lignes à faible circulation. Sur des chemins destinés à desservir des localités peu importantes et pour des

1. *Cours de Chemins de fer*, professé à l'Ecole des Ponts et Chaussées.

2. Ce résultat, admis depuis longtemps, a été récemment mis de nouveau en évidence par des expériences dynamométriques faites en 1891 sur la ligne à voie d'un mètre de Beaune à Arnay-le-Duc, par M. Desdouits, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction du réseau de l'Etat. Il résulte de ces expériences que la résistance à la traction due aux courbes peut être évaluée comme il suit :

Pour un rayon de	200 mètres,	R = 2	kilogr.	par tonne remorquée.
—	100 »	R = 4	»	—
—	40 »	R = 9	»	—

Le chiffre de 4 kilogr. par tonne est celui qu'on admet pratiquement sur les chemins de fer à voie normale pour la résistance due aux courbes de 300 mètres.

trajets qui ne sont jamais bien longs, une vitesse de 25 à 30 kilomètres à l'heure paraît de nature à donner satisfaction au public, et elle se concilie parfaitement avec les rayons de 100 mètres.

Or, l'adoption de rayons pouvant descendre jusqu'à 100 mètres en pleine voie et au dessous dans les gares, jointe à la réduction de largeur de la plate-forme, conduit à une économie que l'on peut évaluer à la moitié au moins de la dépense correspondante dans un chemin de fer ordinaire. Ce résultat tient à ce que les lignes secondaires à voie étroite n'ont généralement pas à franchir de grands obstacles, tels qu'une haute montagne ou une profonde vallée, de sorte qu'ils peuvent être classés presque tous dans la catégorie des chemins faciles ou de difficulté ordinaire. Les exemples que nous donnerons tout à l'heure conduiraient même à admettre une réduction de plus de moitié dans la dépense d'établissement de la plate-forme.

La dépense de la voie dépend de son poids et celui-ci résulte lui-même du poids des machines qu'on doit y faire circuler. Or, pour que des machines puissent passer dans des courbes de faible rayon, il faut nécessairement que leurs essieux soient très rapprochés et, pour cela, deux systèmes sont possibles : ou bien faire porter la machine sur deux ou trois essieux peu éloignés, ou bien la faire porter sur deux groupes d'essieux indépendants, chaque groupe ayant ses essieux très voisins.

Les deux systèmes sont appliqués sur les voies étroites : on fait pour les lignes à voie d'un mètre des machines à deux essieux du poids de 12 à 14 tonnes; on en fait à trois essieux qui pèsent 18 à 22 tonnes; on en fait également qui reposent sur quatre essieux divisés en deux groupes et dont le poids atteint 28 tonnes. Dans tous les cas, on voit que le poids par essieu est de 7 tonnes environ : c'est une charge à peu près moitié de celle qu'on admet sur les lignes à voie normale. Elle conduit à l'emploi de rails pesant de 18 à 20 kilogr. le mètre courant, soit à peu près la moitié des rails ordinaires.

De même, les traverses, ayant à supporter une voie moins large et à recevoir une charge plus faible, peuvent être réduites en longueur et en épaisseur et leur prix de revient s'abaisse à moins de la moitié de celui des traverses de la voie normale.

On peut admettre, en somme, que l'adoption d'une largeur de voie réduite à 0^m 90 ou 1^m procurera une économie de moitié au moins sur le prix de la voie comme sur celui de la plate-forme.

Pour avoir la dépense totale de la ligne, il faut encore tenir compte des stations et du matériel roulant.

En ce qui concerne les stations, les économies à réaliser sont considérables, si l'on veut se contenter, comme cela est naturel, d'installations modestes

appropriées à un trafic restreint et ne pas exiger, dans les bâtiments destinés aux voyageurs, toutes les commodités que l'on est habitué à trouver sur les grandes lignes. C'est généralement ce que l'on fait et, habituellement aussi, le public se contente de ces stations restreintes. Il existe même des chemins de fer, établis en grande partie sur l'accotement des routes, dans lesquels les bâtiments des voyageurs sont complètement supprimés, ce qui conduit à une grande économie dans les prix d'établissement de la station. En somme, on peut, sans exagération, admettre aussi une réduction de moitié au moins sur ce chapitre.

Reste le matériel roulant. Sur les lignes à faible circulation, la quantité de ce matériel n'est pas réglée, comme sur les grandes lignes, d'après le trafic à transporter, mais d'après le nombre des trains à faire journellement. En supposant le même nombre de trains que sur une ligne à voie normale, chaque train pourra se composer sur la petite voie de véhicules à peu près moitié moins lourds et d'une capacité moitié moindre, ce qui conduira encore à une dépense égale à la moitié environ de celle du matériel roulant des lignes à voie normale.

Il faut ajouter que l'on tend aujourd'hui à employer sur les lignes à voie d'un mètre des wagons d'une capacité égale à celle des grandes lignes ; mais, ainsi que nous le verrons plus loin, cette tendance ne conduit pas à une augmentation dans la dépense, en raison de la diminution du poids mort à laquelle on est arrivé en même temps.

En résumé, d'après l'exposé qui précède, on peut admettre qu'une ligne, établie avec une largeur de voie de 1 mètre et des rayons de courbure de 100 mètres, coûtera à peine la moitié d'une ligne établie suivant le programme ordinaire de la voie normale.

Exemples. — Les exemples ne manquent pas à l'appui de cette conclusion. Nous citerons d'abord ceux que donne M. Sévène dans son *Cours de Chemins de fer*.

Vers 1845, la Compagnie des houillères de Commentry a construit une ligne à voie étroite destinée à relier ses mines à la ville de Montluçon. La voie a 1 mètre de largeur, les rails pèsent 18 kilogr. le mètre courant, le rayon minimum des courbes est de 90 mètres ; la dépense totale du chemin, matériel roulant compris, a été de 110000 fr. par kilomètre.

Les mines de Blanzy ont établi un chemin analogue pour se relier au chemin de Lyon et au canal du Centre. La voie a 0^{m} 80 de largeur, les courbes descendent à 75 mètres de rayon en pleine voie et à 45 mètres dans les gares, les rails pèsent 15 kilogr. le mètre courant ; la dépense moyenne a été de 40000 fr., non compris les terrains et le matériel roulant, ce qui

correspond à une dépense totale qu'on peut évaluer à 60 000 ou 70 000 fr. par kilomètre.

La Compagnie d'Orléans a construit également un chemin à voie étroite pour transporter les minerais qui alimentent son usine d'Aubin, depuis Mondalazac jusqu'à la station de Salles-la-Source, située sur la ligne de Montauban à Rodez. La voie a 1 m 10 de largeur, les courbes descendent fréquemment à 60 mètres de rayon et, sur un point, à 40; les rails pèsent 16 kilogr. 5 par mètre courant. La dépense kilométrique a été de 50 000 fr. seulement.

M. Sévène fait remarquer, d'ailleurs, que ces petites lignes sont destinées à un service spécial et non pas à celui du public qui, par ses usages variés et ses exigences, entraîne nécessairement des dépenses plus grandes. Mais il ajoute que ces lignes desservent un trafic beaucoup plus important que celui qui est généralement réservé aux communications locales. C'est ainsi que celle de Commentry à Montluçon transporte environ 300 000 tonnes par an, ce qui est un mouvement considérable.

La dépense d'établissement de ces chemins aurait été certainement plus que doublée, s'ils avaient été construits suivant le programme des grandes lignes.

Si nous prenons maintenant des lignes de construction plus récente, nous trouvons les résultats suivants [1] :

Le chemin de fer de Hermes à Beaumont (Oise et Seine-et-Oise) a 32 kilomètres de longueur; il est établi avec une voie ayant 1 mètre d'écartement intérieur, des déclivités de 15 à 20 mm par mètre et des courbes dont le rayon minimum est de 300 mètres, sauf aux abords des gares d'un accès difficile, où le rayon est encore plus réduit. Le rail pèse 20 kilogr. au mètre courant. La dépense d'établissement s'est élevée, au 31 décembre 1884, à 76 000 fr. par kilomètre.

La ligne d'Anvin à Calais (Pas-de-Calais) a 94 kilomètres de longueur; établie avec des déclivités maxima de 16 mm, des courbes nombreuses dont le rayon descend fréquemment à 150 et même à 130 mètres, et un rail pesant 20 kilogr. au mètre courant, cette ligne a coûté 76 600 fr. par kilomètre.

Les lignes d'intérêt local à voie de 1 mètre exploitées par la Compagnie des chemins de fer départementaux dans différentes régions de la France (Indre-et-Loire, Seine-et-Marne, Yonne, Charente) ont un développement total de 405 kilomètres; le capital de premier établissement fixé par les décrets de concession atteint le chiffre total de 24 336 000 fr., ce qui fait ressortir à 60 000 fr. le prix du kilomètre de chemin.

1. V. Sampité. *Les Chemins de fer à faible trafic en France.*

Enfin, les lignes d'intérêt local à voie de 1 mètre exploitées par la Société générale des chemins de fer économiques dans les départements de Seine-et-Oise, de l'Allier, de la Somme et du Cher, s'étendent sur une longueur de 350 kilomètres et correspondent à un capital d'établissement qui varie de 62 000 à 96 000 fr. par kilomètre, avec une moyenne de 66 000 fr. environ.

Ces exemples, et bien d'autres encore que l'on pourrait citer, justifient amplement la conclusion précédemment énoncée qu'un chemin de fer à voie de 1 mètre de largeur peut être facilement établi moyennant une dépense moitié moindre que celle d'une ligne à voie normale; ils montrent en même temps que les chemins de fer d'intérêt local à voie étroite établis en France ont coûté moyennement 60 000 à 75 000 fr. par kilomètre.

Les chiffres ci-dessus s'appliquent tous à des chemins établis à travers champs; on peut encore réduire très notablement la dépense en adoptant la solution des chemins de fer sur routes ou tramways. Il n'y pas très longtemps que ce type de voie ferrée est employé en France, et les développements qu'il y a reçus depuis quelques années sont dus principalement à la persévérance et aux efforts de M. Faliès, qui en a été le promoteur infatigable et qui est devenu le concessionnaire des tramways de la Sarthe, du Loir-et-Cher, et plus récemment de la Loire-Inférieure et de l'Ille-et-Vilaine.

C'est en 1872 que M. Faliès, qui avait une grande expérience de la construction des chemins de fer d'intérêt local, et qui avait visité en Europe un grand nombre de lignes établies d'après ce système, proposa au conseil général de la Sarthe de construire dans ce département des chemins de fer sur routes, dont l'exploitation serait faite par les agents des trains et dont la dépense d'établissement, y compris le matériel roulant, devait osciller autour du chiffre de 40 000 fr. par kilomètre.

Cette proposition était séduisante, si l'on songe qu'à cette époque il y avait bien peu de lignes ayant coûté moins de 100 000 fr. par kilomètre; après quelques hésitations, le département de la Sarthe finit par l'accepter et, en 1880, concéda à M. Faliès, à titre d'essai, la ligne du Mans au Grand-Lucé, d'une longueur de 31 kilomètres. La dépense kilométrique d'établissement de cette ligne s'est élevée à 44 000 fr. environ.

Plus tard, de nouvelles concessions furent faites à M. Faliès dans le même département et, en 1886, le département de Loir-et-Cher lui concéda 110 kilomètres de lignes, au prix forfaitaire de 40 000 fr., payables au fur et à mesure de l'exécution des travaux. L'exploitation est faite aux risques et périls du concessionnaire, tant que la recette brute ne dépasse pas 3 500 fr. par kilomètre; au delà de ce chiffre, il y a partage avec le département. La durée de la concession est de 50 ans.

L'économie importante réalisée dans la construction de ces chemins

provient principalement de deux causes : d'une part, l'emprunt de l'accotement des routes, dont le tracé ne s'écarte que lorsque les déclivités y sont supérieures à 30^{mm} par mètre, ce qui réduit d'une manière importante la dépense des terrains, des terrassements et des ouvrages d'art; d'autre part, la suppression complète des bâtiments des stations, celles-ci se réduisant aux dispositions de voies nécessaires pour permettre le croisement des trains, la manœuvre et le stationnement des wagons.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, en effet, comme dans ceux de la Sarthe, le système d'exploitation diffère essentiellement de celui qui est employé habituellement sur les chemins de fer. A l'exception d'une station de tête, qui centralise tous les services de comptabilité et de contrôle, les autres ne sont que des points de chargement et de déchargement; la distribution des billets, l'enregistrement des bagages, des messageries et des marchandises sont faits par les conducteurs de trains. Les fonctions de chef de station sont remplies par un aubergiste, quand il se trouve une auberge à proximité, et celle-ci sert alors d'abri aux voyageurs; dans le cas contraire, c'est un homme de la localité qui est le correspondant de la Compagnie, et qui vient aux heures des trains faire le nécessaire dans la station. Grâce à ce système d'exploitation, sur lequel nous aurons à revenir ultérieurement, les bâtiments des stations sont supprimés et la dépense de leur installation réduite à celle des voies et appareils accessoires.

Le maximum des déclivités est de 30^{mm} et le minimum du rayon des courbes, de 40 mètres; ce dernier n'est d'ailleurs employé nulle part en pleine voie, où les rayons descendent rarement au dessous de 100 mètres. Le rail pèse 15 kilogr. au mètre courant.

En résumé, on doit conclure des exemples qui précèdent que la dépense d'établissement d'un chemin de fer à voie de 1 mètre de largeur peut être évaluée, matériel roulant compris, à 75 000 ou 80 000 fr., quand il est construit à travers champs et qu'il comporte des stations d'un type réduit, et à 40 000 ou 45 000 fr., quand il emprunte les accotements des routes et que les bâtiments des stations y sont supprimés.

Économies dans les dépenses d'exploitation. — Les frais d'exploitation d'un chemin de fer peuvent être également réduits par l'emploi de la voie étroite.

Les terrassements, les ouvrages d'art et les voies représentant une dépense d'établissement deux fois moindre que dans un chemin de fer ordinaire, l'entretien de la ligne, le renouvellement de la voie, etc., donneront lieu également à une dépense que l'on peut prévoir moitié moindre.

Pour la traction, en supposant le même nombre de trains et le service fait par des machines de 18 à 20 tonnes en ordre de marche, et remorquant des

trains deux à trois fois moins lourds que ceux des grandes lignes, la dépense pourra être réduite de moitié également. Il en sera de même des dépenses de l'exploitation proprement dite, mais à la condition d'adopter pour les stations des installations modestes, en rapport avec le trafic à desservir. L'exploitation, en effet, coûte proportionnellement à ce qu'on exige d'elle. Si l'on voulait transporter sans modifications, dans les stations des petites lignes, toutes les installations auxquelles le public est habitué sur les grandes, il n'y aurait presque aucune économie à espérer sur ce chapitre. Mais cette manière de faire ne serait pas justifiée. Il est rationnel d'admettre que, sur les lignes à faible trafic, les stations seront moins complètes et moins confortables que sur les grandes lignes. Sur ces dernières, les points d'accès au chemin de fer sont peu nombreux, afin de ne pas trop entraver la circulation à grande vitesse; mais, en revanche, ils sont installés de manière à permettre aux voyageurs et aux marchandises d'attendre assez longtemps les trains qui doivent les emmener. Sur les petites lignes, au contraire, il faut multiplier les stations, les mettre à la portée de chacun des points à desservir, mais en n'y installant que ce qui est absolument indispensable. Une maison de garde un peu agrandie, dans laquelle la distribution des billets sera faite par le garde-barrière ou par sa femme, doit suffir aux exigences du trafic. Avec cette organisation restreinte, les dépenses de l'exploitation proprement dite s'abaisseront au moins dans la même proportion que celles des autres services.

De sorte que, pour une ligne à voie étroite et à faible trafic, en la supposant desservie par cinq trains par jour dans chaque sens, on peut admettre que l'exploitation ne coûtera pas plus de 3000 à 4000 fr. par kilomètre, soit environ la moitié de la dépense à laquelle nous avons évalué l'exploitation d'une ligne à voie normale desservie dans les mêmes conditions[1].

Cette dépense se réduira encore si la ligne peut être exploitée par trois trains dans chaque sens, et surtout si la ligne, au lieu d'être établie entièrement à travers champs, a le caractère d'un tramway, avec des installations rudimentaires aux stations.

Dans son *Cours de chemins de fer* professé à l'École des Ponts et Chaussées, M. Bricka émet, il est vrai, une opinion différente. Il fait remarquer que la Société des chemins de fer économiques, qui exploite des lignes à voie normale et d'autres à voie de 1 mètre, dans les mêmes conditions de trafic, arrive exactement à la même dépense pour les deux cas; que si d'autres Compagnies arrivent à des différences de 1/3 à 1/5, c'est qu'elles donnent plus d'importance à certaines parties du service sur la voie large.

1. *Traité complet des Chemins de fer*, tome III, page 253.

Cette divergence d'opinion entre deux ingénieurs également compétents en matière de chemins de fer, M. Sévène et M. Bricka, provient de deux manières différentes d'envisager la question. Il est certain que la réduction de largeur de la voie ne procure par elle-même d'autre économie que la diminution des frais d'entretien de la plate-forme et de la voie; mais, en supposant des trains moins lourds et une exploitation simplifiée comme nous l'avons dit, on arrive à une notable économie, qui pourrait à la rigueur être obtenue avec la voie normale, mais que l'adoption de la voie étroite facilite beaucoup, parce que, quoi qu'on fasse, le public sera toujours moins exigeant en matière d'exploitation pour une ligne à petite voie que pour un chemin de fer qui lui semblera établi sur le modèle de ceux des grandes Compagnies.

Quoi qu'il en soit, le point important de notre conclusion, c'est que les lignes modestes que nous avons en vue peuvent pratiquement être exploitées moyennant une dépense de 3000 à 4000 fr. par kilomètre.

Exemples. — Cette conclusion est confirmée par les résultats de l'expérience des lignes dont nous avons déjà parlé.

La ligne de Hermes à Beaumont a été exploitée, en effet, de 1881 à 1885, au moyen d'une dépense qui a varié entre 3000 et 3800 fr. par kilomètre. Celle d'Anvin à Calais a coûté un peu moins de 3000 fr. C'est à un chiffre probablement inférieur à 3000 fr., soit 2500 à 2600 fr., qu'on peut évaluer également les dépenses d'exploitation des chemins de fer d'intérêt local du département d'Indre-et-Loire; il est vrai que leur recette est faible et n'a guère dépassé 1300 fr. en 1890.

Pour les tramways, les dépenses d'exploitation peuvent encore être réduites et évaluées à 2000 ou 3000 fr. par kilomètre, suivant le trafic.

Conclusions. — On voit qu'en définitive l'adoption de la voie étroite conduit à de grandes économies sur les dépenses de construction et d'exploitation d'un chemin de fer. On conçoit que, dans bien des cas, cette réduction des dépenses puisse être un argument décisif en faveur de l'établissement du chemin. Il y a beaucoup de lignes, destinées à desservir un faible trafic, dont la construction à voie large serait une véritable erreur financière, alors que leur établissement à voie étroite peut être entrepris dans des conditions très acceptables de dépenses.

Supposons, par exemple, une ligne destinée à desservir un trafic de 6000 fr. par kilomètre. Un chemin à voie large coûterait 170000 à 180000 fr. par kilomètre, en le supposant dans la catégorie des chemins faciles, et ses frais d'exploitation seraient, dans les conditions habituelles, de 7500 fr. La recette ne couvrirait donc pas la dépense d'exploitation et, pour que l'entreprise pût vivre, il faudrait lui attribuer une subvention supérieure à la dépense

de construction, soit plus de 180000 fr. par kilomètre; il y aurait là une impossibilité absolue.

Avec une voie de 1 mètre de largeur, la ligne pourrait être établie pour 80000 fr. et exploitée pour 3500 fr. par kilomètre. Il resterait donc un produit net de 2500 fr., représentant un capital de 50000 fr. au moins; une subvention de 30000 fr. par kilomètre serait donc suffisante pour permettre à l'entreprise de se réaliser et de vivre. C'est une dépense très admissible; elle ne dépasse guère celle qui est nécessaire pour l'établissement d'une route départementale. Et l'on peut, sans aucun doute, s'imposer, pour avoir un chemin de fer, un sacrifice équivalent à celui qu'on n'hésite pas à faire pour établir une route.

Ainsi, dans le premier cas, on aboutit à une impossibilité; dans le second, à une solution des plus faciles. La conclusion à en tirer ne saurait être douteuse; il faut adopter la voie étroite.

Au point de vue du résultat, il est certain que les deux solutions ne sont pas équivalentes : l'adoption de la voie étroite présente deux inconvénients principaux, mais qui sont parfaitement admissibles sur les petites lignes : le premier, c'est l'impossibilité d'avoir de grandes vitesses, en raison des courbes prononcées; le second, c'est la nécessité d'un transbordement aux points de jonction avec les grandes lignes.

Renoncer aux grandes vitesses sur les embranchements de peu d'importance est une solution évidemment très acceptable; elle l'est d'autant plus que le caractère essentiel des petits chemins de fer, c'est d'avoir de nombreux points d'arrêt. Une vitesse de 25 à 30 kilomètres à l'heure, parfaitement conciliable avec les rayons des courbes de la voie étroite, est très suffisante pour les petites lignes.

Quant au transbordement, on s'en est beaucoup exagéré l'inconvénient : il serait inadmissible, si le tonnage à transborder était très considérable, mais il est tout à fait rationnel de l'admettre, quand il ne s'agit, comme c'est ici le cas, que d'un trafic peu important.

Le transbordement d'une tonne de marchandise ne coûte jamais plus de 30 centimes et il y a beaucoup de cas où il coûte moins : on ne concevrait pas que, pour éviter ce supplément de dépense à quelques tonnes, on s'imposât de dépenser 100000 fr. de plus par kilomètre, sur toute la longueur de la ligne à établir. Ce serait une véritable folie.

On sait d'ailleurs que le transbordement des marchandises a très souvent lieu, malgré l'égalité des largeurs de voies, à l'embranchement des petites lignes sur les grandes artères. Il n'y a guère d'exception que lorsque la ligne secondaire dessert une production spéciale à destination d'un ou deux centres de consommation ou de commerce maritime.

« En effet, dit M. Picard dans son *Traité des Chemins de fer*[1], si l'on excepte certains embranchements desservant des industries susceptibles de fournir des wagons à charge complète, les lignes secondaires ont surtout un trafic de détail. Les marchandises qu'elles expédient à la gare de jonction sont destinées à plusieurs gares du réseau voisin; celles qu'elles en reçoivent ne sont presque jamais destinées à une seule de leurs stations et n'ont pas la même provenance. Ainsi, même avec la voie normale, un triage et un transbordement s'imposent dans la gare d'embranchement. »

A cette considération, M. Picard ajoute les suivantes, qui montrent également que le transbordement n'est pas une charge absolument spéciale aux points de raccordement des lignes de largeur différente :

« 1° Si la ligne secondaire est munie d'un matériel léger, ce matériel peut difficilement s'aventurer sur le réseau voisin, sans s'exposer à des avaries dans les manœuvres et, parfois, sans compromettre la sécurité de la circulation des trains formés d'un matériel plus lourd et plus robuste.

« 2° La Compagnie concessionnaire du chemin d'embranchement peut être, dans beaucoup de cas, intéressée à ne pas laisser ses véhicules émigrer à de grandes distances, ce qui la forcerait à les remplacer par des véhicules empruntés à la Compagnie voisine et loués à un prix supérieur à celui qu'elle recevrait elle-même.

« 3° La Compagnie principale, sur les rails de laquelle s'embranche la ligne secondaire, a souvent des wagons disponibles et est ainsi portée à s'opposer à l'immigration de véhicules étrangers, afin d'utiliser plus complètement son parc de matériel roulant.

« 4° Si la situation financière de la Compagnie d'embranchement n'est pas solidement assise, la grande Compagnie à laquelle elle est reliée cherche à réduire au minimum son compte courant, pour ne pas s'exposer à des pertes éventuelles.

« 5° Dans tous les cas, il y a lieu à certaines manipulations pour la reconnaissance contradictoire des colis, en vue du partage des responsabilités que les pertes ou les avaries peuvent faire peser sur les deux Compagnies. »

Toutes ces considérations démontrent que l'adoption de la voie étroite, pour des lignes secondaires, ne présente pas d'inconvénients graves, au point de vue du transbordement des marchandises et que l'objection faite, à ce point de vue, aux chemins de fer à petite voie, n'a pas l'importance qu'on lui a longtemps attribuée.

Il est donc grandement à désirer que, pour les chemins de fer d'intérêt local, et même pour ceux qui, tout en étant classés dans le réseau d'intérêt

1. A. Picard, *Traité des Chemins de fer*, tome II, page 698.

général, ne présentent pas une grande importance et ne doivent desservir qu'un faible trafic, la solution de la voie étroite soit adoptée en France, comme elle l'a été à l'étranger, en Norwège, en Suède, au Brésil, aux États-Unis, en Suisse, dans l'Inde anglaise, etc. Elle aura l'avantage, d'une part, de ménager les finances de l'État ou des départements par les économies importantes qu'elle permettra de réaliser; d'autre part, de faire une œuvre logique, en proportionnant l'instrument de transport à l'importance de l'effet à obtenir.

Il faut cependant signaler une circonstance dans laquelle il y aurait lieu de renoncer à la voie étroite; c'est pour les lignes *très courtes*, destinées à relier deux grandes lignes à voie normale, surtout si les terrains à traverser étaient peu accidentés; la différence des dépenses d'établissement serait, en effet, bien moins grande dans ce cas, et il pourrait y avoir lieu de construire la ligne avec l'écartement ordinaire de la voie[1].

§ II. — Chemins de fer à voie plus étroite qu'un mètre. Lignes à voie de 0m 60.

Nous ne nous sommes occupé, jusqu'à présent, que de lignes dont la largeur de voie était peu différente de la cote 1 mètre; c'est en effet cette largeur qui paraît concilier « le mieux les économies du tracé et les exigences de dimensions du matériel roulant[2] ». M. Picard estime qu'exceptionnellement, « on peut descendre à 0m 75; mais qu'il ne faudrait pas aller au dessous de cette limite, qui s'impose au point de vue de la stabilité des véhicules et de la sécurité de la circulation. » Il ajoute que le « Conseil fédéral allemand, agissant en vertu des articles 42 et 43 de la Constitution de l'Empire, a inscrit, en tête de l'ordonnance du 12 juin 1878 sur les chemins de fer d'intérêt local, une disposition aux termes de laquelle l'écartement normal des rails est de 1m 435, 1m ou 0m 75. Aucune largeur autre que celle de 1m ou de 0m 75 ne peut être adoptée sans l'avis favorable du contrôle du pays fédéral où doit être établie la ligne et sans le consentement de l'office impérial des chemins de fer[3]. »

Les lignes à voie d'un mètre sont, en effet, les plus répandues et, comme nous le verrons plus loin, une controverse assez vive s'est élevée, depuis quelques années, au sujet de la préférence donnée à cette largeur de voie à l'exclusion des autres. Il est nécessaire cependant de signaler ici les services que peuvent rendre dans certains cas les lignes à voie très étroite de 0m 60

1. On consultera avec beaucoup de fruit sur cette question l'excellent *Traité des Chemins de fer* de M. A. Picard, tome II, pages 674 et suivantes.
2. Sartiaux, *Revue générale des Chemins de fer*, mai 1883.
3. A. Picard, *Traité des Chemins de fer*, tome II, page 705.

de largeur. Nous ferons connaître ensuite les principaux arguments produits de part et d'autre, pour ou contre l'adoption de cette largeur de voie.

Les lignes à voie de 0 m 60 sont encore peu répandues, et cependant il en existe un exemple fort ancien : c'est le chemin de fer de Festiniog à Portsmadoc, établi en 1832, dans le pays de Galles.

Signalée en 1873 dans le *Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer*, de M. Goschler, décrite quelques années plus tard par M. Sévène, qui la citait dans son *Cours de Chemins de fer* comme l'exemple le plus remarquable qui existât des chemins de fer à voie étroite, sans toutefois conseiller de l'imiter, cette ligne est restée pendant très longtemps la seule application connue d'une largeur de voie aussi réduite. Les résultats qu'elle a donnés sont cependant des plus remarquables et il y a grand intérêt à les faire connaître.

Établie primitivement pour l'exploitation d'une carrière d'ardoises située à Dinas, elle a été ensuite prolongée jusqu'à Festiniog et s'est transformée plus tard en chemin public, transportant des voyageurs et des marchandises de toute sorte.

La largeur de la voie, mesurée entre les bords intérieurs des rails, est de 0 m 60.

La longueur de la ligne est de 23 kilomètres ; sa déclivité moyenne est de 0 m 01 par mètre, la pente maxima est de 12 mm 5. Les courbes sont nombreuses, et leur rayon, habituellement égal à 120 mètres, s'abaisse jusqu'à 35 mètres, sans qu'aucun alignement droit soit ménagé entre deux courbes de sens contraire.

La largeur de la plate-forme est réduite au strict indispensable ; elle est de 3 mètres seulement à la crête des remblais ; il y a des tranchées où elle n'est que de 2 m 50.

La dépense d'établissement de la ligne, posée d'abord en rails de 6 kilogr. au mètre courant, n'a pas dépassé 40 000 fr. par kilomètre, malgré les accidents considérables de terrain que présente le pays traversé. Mais, en raison des transformations successives de la ligne et de l'accroissement de son trafic, le poids des machines, qui était primitivement de 7 tonnes, a dû être porté d'abord à 10, puis à 22 tonnes, ce qui a entraîné l'emploi de rails pesant 15 kilogr., en 1847, et 24 kilogr., en 1871. Le capital d'établissement s'élève aujourd'hui, par suite de cette série de transformations, à 165 000 fr. par kilomètre. On estime qu'une ligne à voie normale aurait coûté plus du triple.

Le chemin de fer de Festiniog a d'ailleurs à desservir un trafic important, pour lequel il emploie 9 locomotives, 56 voitures à voyageurs et 1200 wagons. Il a transporté, en 1888, 142 000 voyageurs et 113 000 tonnes

de marchandises. Sa recette kilométrique s'est élevée à 29000 fr., dont 8000 fr. pour les voyageurs et 21000 fr. pour les marchandises. Les tarifs sont de 0f 17 par tonne et par kilomètre pour les marchandises ordinaires, et de 0f 15 pour les ardoises; il y a trois classes de voyageurs, payant 0f 11, 0f 08 et 0f 07 par kilomètre.

« Il est difficile, dit M. Noblemaire[1], de citer un exemple plus topique, et qu'il soit plus nécessaire de faire connaître, du parti que l'on peut tirer d'un instrument aussi simple et aussi économique. »

De son côté, M. Sévène en parlait en ces termes, dans son *Cours de Chemins de fer* :

« La ligne traverse un pays très accidenté. Grâce à sa petite largeur et à ses inflexions prononcées, on la voit se développer sur le flanc de ces montagnes escarpées et lécher le terrain, presque sans terrassement. On peut apprécier dans ce parcours, que nous avons fait à découvert, l'immense avantage de la petite voie, au point de vue de la facilité et de l'économie de l'établissement; il est écrit sur les lieux avec une évidence qui frapperait les yeux les plus prévenus. Cette petite ligne court à fleur de sol, à travers un pays bouleversé, où un chemin de fer ordinaire ne trouverait sa place qu'au prix de travaux gigantesques. »

L'expérience du chemin de fer de Festiniog est, en effet, décisive; elle montre que la voie de 0m 60 peut suffire pour desservir un trafic élevé, et qu'elle se concilie avec une exploitation active. Toutefois, il ne paraît pas douteux qu'avec un trafic aussi considérable, près de 30000 fr. par kilomètre, il y aurait eu avantage à adopter une largeur de voie de 1 mètre; c'est ce qui résulte de cette phrase même de M. Sévène : « Il y a une application de l'écartement de 0m 60, sur le chemin de fer de Festiniog, dans le pays de Galles; mais les ingénieurs qui l'exploitent recommandent eux-mêmes de ne pas descendre aussi bas. »

La ligne de Festiniog est restée pendant fort longtemps l'unique spécimen de l'emploi de cette largeur de voie. M. Noblemaire en cite un second exemple, plus récent; c'est le chemin de fer établi dans l'Inde anglaise, d'Illigori à Darjeeling, pour mettre en communication Calcutta avec le premier plateau de 2000 mètres d'altitude de l'Himalaya.

Ce chemin a 0m 61 de largeur de voie; il est établi en partie sur route et comporte des rampes de 35mm et des courbes de 21 mètres de rayon; il a 82 kilomètres de longueur. Les rails pèsent 20 kilogr. au mètre courant. Le matériel roulant se compose de 12 machines, 41 voitures et 110 wagons.

La dépense kilométrique s'est élevée à 78000 fr.

1. *Note sur les chemins de fer départementaux*, par M. Noblemaire, directeur de la Compagnie P.-L.-M. — *Annales des Ponts et Chaussées*, décembre 1889.

Les tarifs sont fort élevés, à cause du profil accidenté de la ligne ; ils sont de 0f 56, 0f 28 et 0f 11 par kilomètre, pour les trois classes de voyageurs ; de 0f 60 à 1f pour les marchandises ordinaires, 0f 50 pour les céréales, 0f 30 pour la houille. Le produit brut kilométrique a atteint, en 1888, la somme de 17940 fr. et les dépenses d'exploitation 9670 fr., soit 54 %.

On peut également citer, comme exemples de lignes à voie de 0m 60, les chemins de fer militaires construits par M. Decauville, en Tunisie, pour relier Sousse à Kairouan (65 kilomètres), la petite ligne de 3 kilomètres 1/2 de longueur, établie par le même constructeur à l'Exposition universelle de Paris, en 1889, ligne qui a transporté, en six mois, plus de 6 millions de voyageurs, le chemin de fer du camp retranché de Toul, enfin la ligne de Pithiviers à Toury, exploitée depuis 1892 dans le département du Loiret.

Ces exemples démontrent que, contrairement à ce que l'on a pu croire longtemps, la voie de 0m 60 n'est pas trop étroite pour fournir, dans certains cas, une solution satisfaisante et économique de l'établissement des chemins de fer.

En France, l'emploi de cette largeur de voie a été interdit, en principe, par une circulaire ministérielle du 12 janvier 1888, par des motifs qui touchent à la défense nationale. Voici, en effet, comment s'exprime cette circulaire :

« Le Gouvernement a été amené à reconnaître que, pour aider à la prospérité commerciale de ces entreprises (les chemins de fer d'intérêt local et tramways à vapeur à voie étroite), qui le plus souvent engagent les finances de l'État, et rendre ces voies ferrées véritablement utilisables pour les transports militaires, il devenait indispensable de les approprier, par l'adoption d'une largeur de voie unique, à la circulation d'un même matériel.

« Cette largeur ne peut être, évidemment, que celle d'un mètre entre les bords intérieurs des rails, déjà réalisée sur la presque totalité des lignes existantes.

« En conséquence, après avoir pris l'avis de mon collègue de la guerre, j'ai résolu de ne provoquer, à l'avenir, sauf exceptions dûment justifiées et admises par mon administration, d'accord avec l'autorité militaire, la déclaration d'utilité publique d'aucun chemin de fer ou tramway à vapeur à voie étroite, qui serait projeté avec une largeur de voie autre que celle sus-indiquée. »

Mais cette circulaire a été virtuellement abrogée par une déclaration faite à la tribune du Sénat, le 21 mars 1891, par le ministre des travaux publics, en réponse à une question qui lui avait été posée par M. le sénateur Poriquet. Voici cette déclaration, qu'il importe de reproduire textuellement :

« Messieurs, l'honorable M. Poriquet m'a demandé quelle était la politique du ministre des travaux publics à l'égard de la largeur des chemins de fer d'intérêt local. Je dois lui dire, tout d'abord, que le ministre n'a pas d'autre politique que

l'application stricte de la loi du 11 juin 1880. C'est aux départements, aux communes, à prendre l'initiative des voies qui peuvent leur convenir; leurs propositions sont ensuite soumises à la discussion des quatre départements ministériels; les travaux publics, l'intérieur, les finances, la guerre examinent, avec le concours du Conseil général des Ponts et Chaussées et du Conseil d'État, si les formalités légales ont été remplies, quelles sont les conséquences économiques et financières, et si ces chemins de fer n'ont pas d'inconvénients au point de vue de la défense nationale.

« La loi du 11 juin 1880 n'a pas prévu de largeurs; elle n'a distingué que deux sortes de voies : celles qui peuvent transporter les véhicules des grands réseaux et celles, au contraire, qui ne peuvent pas les transporter. Dans le cahier des charges, il est vrai, on a prévu trois largeurs de voie : 1 m 44, 1 m et 0 m 75. Mais l'article 2 de la loi du 11 juin 1880 spécifie que l'on doit se conformer aux clauses et conditions du cahier des charges type approuvé par le Conseil d'État, sauf les modifications qui seront apportées par la convention et la loi d'approbation.

« Par conséquent, la loi du 11 juin 1880 ne spécifie pas de type de largeur.

« L'honorable M. Poriquet a parlé d'une circulaire du 12 janvier 1888.

« Dans l'histoire des chemins de fer, pendant longtemps, on a considéré qu'il n'y avait qu'une seule formule, la voie de 1 m 44; puis on est arrivé, difficilement, à comprendre que les chemins de fer étaient susceptibles de plusieurs formules, selon les besoins auxquels ils devaient satisfaire. Au moment où cette circulaire a paru, le ministre de la guerre s'opposant, au point de vue de la défense nationale, à l'établissement des voies inférieures à 1 mètre, le ministre des travaux publics a déclaré qu'il ne donnerait pas son approbation à des voies inférieures à 1 mètre.

« Depuis cette époque, le 29 novembre 1889, le ministre de la guerre adressait au ministre des travaux publics une lettre par laquelle il déclarait, au contraire, que la voie de 0 m 60 ayant été adoptée par lui pour divers services, il n'y faisait plus d'opposition.

« Et alors, le 7 décembre 1889, j'ai pris une décision nommant une commission pour l'étude des dimensions à admettre, en ce qui concerne le matériel roulant des chemins de fer d'intérêt local et des tramways, dont la construction à voie de 0 m 60 serait autorisée. Cette commission était, en outre, chargée d'examiner la largeur des plates-formes et le rayon des courbes. Son travail a été envoyé, le 25 juillet 1890, au Comité de l'exploitation technique, auquel M. le Ministre de la guerre a adjoint deux de ses représentants, afin de fixer non seulement les largeurs maxima, mais aussi les largeurs minima.

« Les travaux de cette commission ont été communiqués au ministre de la guerre, qui n'y a pas fait d'observation, mais, en attendant le règlement qui doit en être la conséquence, en attendant que la commission que j'ai nommée pour reviser la loi de 1880 ait aussi fini le dépouillement de l'enquête très minutieuse à laquelle elle s'est livrée auprès des départements, auprès des concessionnaires et de tous les intéressés, mon administration ne s'oppose pas le moins du monde à la construction de voies d'une largeur inférieure à 1 mètre. »

Ainsi, l'interdiction prononcée par la circulaire du 12 janvier 1888 doit être considérée comme abrogée, et l'administration de la guerre ne s'oppose plus à ce que les départements ou les communes construisent, s'ils le

désirent, des lignes dont la largeur de voie sera inférieure à 1 mètre. Il faut se féliciter de ce résultat. Il serait regrettable qu'une règlementation trop uniforme empêchât la construction de certaines lignes de chemins de fer, d'après un programme modeste, et enlevât aux intéressés la possibilité de réaliser de notables économies, toutes les fois que l'intérêt général ne doit pas avoir à en souffrir.

« Les lignes à voie de 0m 60, dit M. Noblemaire dans l'article déjà cité, dont l'établissement est exceptionnellement facile et économique, dont l'exploitation peut être assurée à meilleur marché encore que celle des chemins à voie de 1 mètre, nous paraissent pouvoir, dans un très grand nombre de cas, rendre les plus utiles services, et pendant une longue série d'années.

« Nous nous garderons de formuler une loi générale, de dire, par exemple, qu'il faut affecter

la voie de 1m 45 aux chemins de fer d'intérêt général,
celle de 1m aux chemins de fer départementaux,
celle de 0m 60 aux chemins de fer vicinaux.

La pratique ne s'accommode pas de formules aussi rigides : c'est l'étude minutieuse de la nature du trafic à desservir qui doit seule déterminer le choix pour les lignes secondaires. Certaines d'entre elles, en raison de leur situation géographique même, et malgré la faiblesse de leur trafic propre, doivent être nécessairement établies à voie de 1m 45; pour toutes celles qui ne sont manifestement pas susceptibles de servir au transit, aux transports stratégiques par exemple, il n'y a aucun doute qu'il faille les établir à voie étroite et choisir entre 1 mètre et 0m 60, suivant le trafic à desservir. Si l'on est en présence de transports industriels, de très grosses pièces de fer ou de bois, si, dans une région agricole, le gros trafic probable est celui du bétail, la voie de 1 mètre ou de 0m 75 doit être préférée; dans tous les autres cas, la voie de 0m 60 paraît devoir ordinairement suffire; dans les régions purement agricoles, en particulier, elle présenterait, et présenterait seule, l'avantage inappréciable que des embranchements de même largeur, faciles à poser et à enlever, permettraient aux véhicules de la ligne définitive de pénétrer momentanément à pied d'œuvre jusqu'au centre des exploitations, et d'amener les produits depuis leur lieu même d'origine jusqu'à la grande ligne de 1m 45, qui doit les transporter aux grands centres de consommation. »

En somme, la largeur de la voie des chemins de fer d'intérêt local doit être proportionnée à l'importance et à la nature du trafic qu'ils sont appelés

à desservir; ce serait un grand tort de proscrire la voie de 0m 60 qui paraît être, en principe, la voie vicinale agricole par excellence.

§ III. — Comparaison entre la voie de 1 mètre et la voie de 0m 60.

Il s'est élevé, depuis quelques années, ainsi que nous l'avons dit, une polémique fort vive, au sujet de la préférence à donner soit à la voie de 1 mètre, soit à la voie de 0m 60 pour les chemins de fer à faible trafic, et les partisans de chacune de ces deux largeurs n'ont pas toujours été guidés exclusivement par des motifs d'ordre purement technique. Nous voudrions ici, sans aucun parti pris, passer en revue les principaux arguments produits de part et d'autre, afin de permettre au lecteur de se former une opinion raisonnée sur cette question.

Jusqu'à l'année 1889, date de l'Exposition universelle de Paris, la voie de 1 mètre était considérée comme la voie étroite par excellence pour les chemins de fer destinés à un service régulier de voyageurs et de marchandises. Elle avait pour elle, non seulement l'autorité d'ingénieurs tels que MM. Sévène, Picard et Sartiaux, mais encore l'appui de la circulaire ministérielle du 12 janvier 1888. La voie de 0m 60 paraissait réservée pour des lignes provisoires, établies à peu de frais, faciles à enlever et destinées principalement à des transports industriels.

Le succès obtenu par le petit chemin de fer Decauville, établi à l'Exposition universelle de Paris, a modifié cette situation. Ce chemin de fer, en effet, construit à double voie de 0m 60 de largeur entre les bords intérieurs des champignons des rails, a desservi, pendant la durée de l'Exposition, un trafic considérable (6 millions de voyageurs, d'après M. Noblemaire), et cet exemple a paru assez concluant pour qu'un certain nombre de conseils généraux aient eu l'idée d'adopter cette largeur de voie pour les lignes départementales qu'ils avaient à construire. De là une agitation et une concurrence assez vive entre les Compagnies à voie de 1 mètre et les partisans de la voie de 0m 60, représentés surtout par la Société Decauville.

La Compagnie des chemins de fer départementaux, dont toutes les concessions sont à voie d'un mètre, consultée à plusieurs reprises par divers conseils généraux et par quelques ingénieurs sur les avantages et les inconvénients de ces deux largeurs de voie, a rédigé, en 1890, une note dans laquelle elle étudie cette question. En outre, un ingénieur de cette Compagnie, M. Coste, a fait, le 7 août 1891, à la Société des Ingénieurs civils, une communication sur le même sujet. Il nous a paru intéressant de faire connaître les princi-

paux arguments produits par cette Compagnie en faveur de la voie de 1 mètre. C'est ce que nous faisons dans le résumé qui suit.

La comparaison entre la voie de 1 mètre et la voie de 0 m 60 doit être faite au point de vue des conditions d'établissement et d'exploitation, ainsi qu'à celui de l'effet utile qu'on peut en obtenir. Cette comparaison résulte de l'examen des questions suivantes :

1° Épaisseur et largeur à donner au ballast pour une voie de 1 mètre et pour une voie de 0 m 60 ;

2° Quels sont, pour l'une et l'autre voie, les plus grandes déclivités et les plus petits rayons de courbes admissibles pour une bonne exploitation ?

3° Quelle est la vitesse moyenne qu'on peut obtenir pour les trains, le nombre de voyageurs et le poids utile en marchandises qu'on peut remorquer ?

4° Quel est le poids des rails par mètre courant ? Quel est le poids des locomotives ?

5° Quelle est la dépense kilométrique de superstructure et de matériel roulant pour chaque type de voie ?

6° Quels sont les frais d'exploitation ?

1° ÉPAISSEUR ET LARGEUR DU BALLAST.

Épaisseur. — Si l'on veut établir une voie solide, satisfaisant aux nécessités d'une bonne exploitation, il faut admettre que la section transversale du rail et celle de la traverse seront respectivement identiques pour la voie de 1 mètre et pour celle de 0 m 60.

Le rail doit avoir 0 m 09 de hauteur environ.

Pour obtenir une bonne attache du rail sur la traverse et donner de l'assiette à la voie, la traverse en bois doit avoir de 0 m 18 à 0 m 20 de largeur sur 0 m 12 à 0 m 13 d'épaisseur ; sa longueur doit être de 1 m 70 à 1 m 75 pour la voie de 1 mètre et de 1 m 30 à 1 m 35 pour la voie de 0 m 60.

En outre, il doit rester sous la traverse, pour répartir la pression et obtenir une certaine élasticité, une épaisseur de ballast de 0 m 13 à 0 m 14 au moins.

Il faut donc compter, pour le ballast, sur une épaisseur de 0 m 35, à partir du niveau du rail[1].

Largeur. — La largeur en couronne du ballast doit être au moins égale à

1. Il faut remarquer, d'ailleurs, que cette épaisseur de 0 m 35 est le minimum prévu par l'article 7 du cahier des charges type pour la concession des chemins de fer d'intérêt local. (Décret du 6 août 1881. V. Documents officiels.)

la largeur adoptée pour le matériel roulant, toutes saillies comprises ; c'est une condition fixée par le cahier des charges type pour la concession des chemins de fer d'intérêt local. (Décret du 6 août 1881.)

D'un autre côté, et conformément aux prescriptions de ce même cahier des charges, il est prudent, au point de vue de la stabilité du matériel roulant, surtout quand il fait du vent, de ne pas donner à ce matériel une largeur supérieure à deux fois et demie celle de la voie.

Dès lors, la largeur du matériel roulant, toutes saillies comprises, doit être, au maximum :

2^{m} 50 pour les voies de 1 mètre,
1^{m} 50 pour les voies de 0^{m} 60.

En général, les Compagnies concessionnaires de lignes à voie de 1 mètre ont adopté le chiffre de 2^{m} 30 ou 2^{m} 35, toutes saillies comprises, pour la largeur des véhicules ; il paraît convenable de ne pas dépasser cette largeur, pour éviter le balancement des voitures et wagons pendant la marche.

Il est important de remarquer que, pour faciliter les transports des troupes et du matériel de guerre, le ministre des travaux publics, sur la demande du ministre de la guerre, a fixé, dans une circulaire du 10 novembre 1887, les conditions que devaient remplir les véhicules des lignes à voie de 1 mètre, et prescrit de porter à 2 mètres au minimum la largeur intérieure des wagons. Les lignes à voie de 1 mètre, dont le matériel a 2^{m} 30 de largeur, peuvent donc être comprises dans les chemins de fer stratégiques et utilisées pour les transports de la guerre.

Les lignes à voie de 0^{m} 60, au contraire, ne peuvent être utilisées en temps de guerre ; c'est pour elles une cause d'infériorité.

Il est vrai qu'au chemin de fer de l'Exposition universelle de 1889, on avait fait exception à la règle ci-dessus indiquée et donné au matériel roulant une largeur notablement supérieure à 1^{m} 50 (1^{m} 85 environ). Mais, pour racheter le défaut de stabilité résultant de cet excès de largeur, on avait construit des voitures spéciales avec un simple toit, sans parois latérales, et avec un plancher peu élevé, de manière à abaisser le centre de gravité.

Ces dispositions exceptionnelles ne sont applicables que sur des chemins provisoires et pour de faibles parcours ; il serait inadmissible de transporter habituellement des voyageurs dans des véhicules du genre de ceux qui circulaient sur le chemin de fer de l'Exposition.

Partant des données qui précèdent, le profil en travers type, pour l'une et

l'autre des deux largeurs de voie, doit être établi suivant les indications des figures 5 et 6.

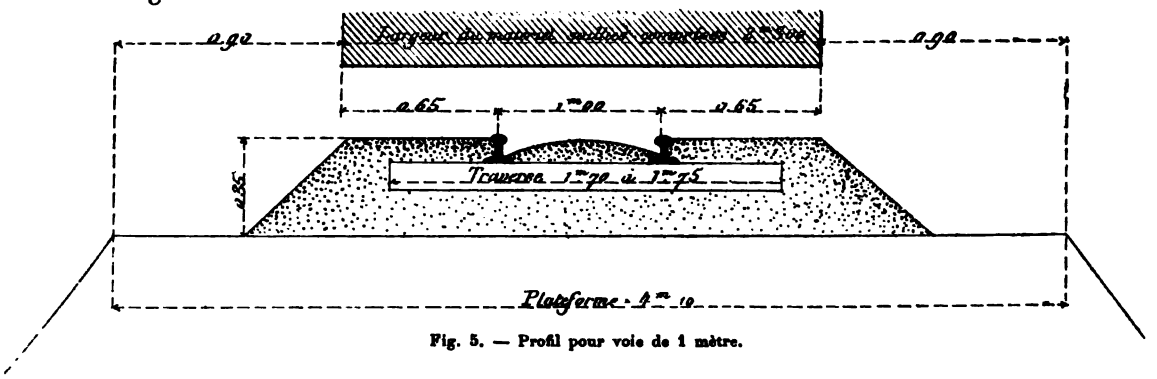


Fig. 5. — Profil pour voie de 1 mètre.

Le profil de la fig. 6 satisfait bien aux prescriptions du cahier des charges type ; mais il y a lieu de remarquer qu'il n'est pas applicable pratiquement.

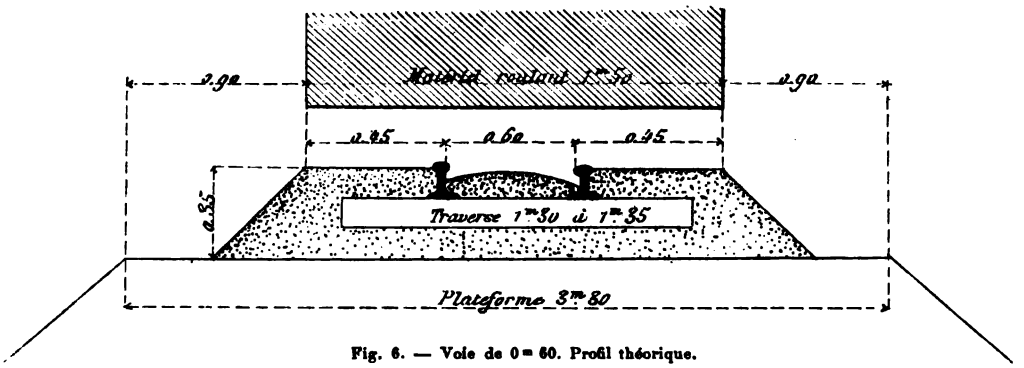


Fig. 6. — Voie de 0m 60. Profil théorique.

La largeur du ballast en couronne serait seulement de 1 m 50 ; celle des accotements serait réduite à 0 m 45, et cette faible largeur de ballast serait absolument insuffisante pour s'opposer au déplacement latéral de la voie. Il ne resterait, en effet, à l'aplomb du bout de la traverse que 8 à 10 centimètres de largeur de ballast ; la stabilité de la voie ne pourrait être assurée.

Par suite, il est indispensable de porter à 0 m 60 au moins la largeur de l'accotement et de modifier le profil, comme cela est indiqué à la fig. 7[1]

2° Quels sont, pour l'une et l'autre voie, les plus grandes déclivités et les plus petits rayons de courbes admissibles pour une bonne exploitation ?

Quand on peut satisfaire aux besoins du trafic au moyen de trois ou quatre trains par jour dans chaque sens, on peut admettre généralement, sur les

1. Nous verrons ultérieurement qu'en réalité on adopte sur les lignes à voie de 0 m 60 un gabarit plus large que celui de 1 m 50 qui résulterait de l'application du cahier des charges type ; il est généralement de 1 m 80.

lignes à voie de 1 mètre, des déclivités de 25 mm par mètre, et même exceptionnellement de 30 mm par mètre, avec des courbes de 100 mètres de rayon.

Ce rayon de 100 mètres n'est pas indispensable pour la circulation des machines à quatre cylindres et à trucks articulés, ni pour celle des voitures à bogies, qui peuvent passer sans difficultés dans des courbes de 60 mètres; mais il est nécessaire pour la circulation des wagons à marchandises pouvant porter 10 tonnes sur deux essieux espacés de 2 m 40 à 2 m 50[1].

Rien n'empêcherait, d'ailleurs, d'adopter également pour les wagons à marchandises le système des bogies et, dans ce cas, on pourrait admettre 60 mètres de rayon minimum pour la voie de 1 mètre.

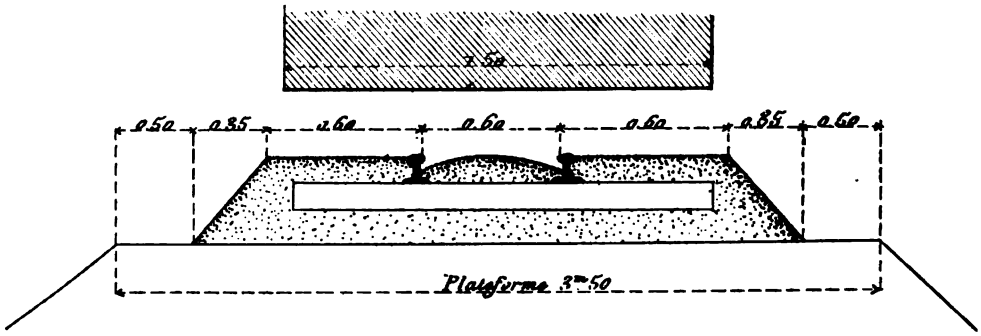


Fig. 7. — Voie de 0 m 60. Profil à appliquer.

Il existe en France, dans la Somme, en Seine-et-Marne, dans l'Allier, en Corse, etc., des lignes d'intérêt général et d'intérêt local à voie de 1 mètre, qui sont exploitées dans les conditions indiquées ci-dessus; exemples :

a. — La ligne de Montereau à Château-Landon, qui présente des rampes de 25 mm et des courbes de 100 mètres de rayon. Les machines qui circulent sur cette ligne sont du type Compound à quatre cylindres (système Mallet), pesant environ 25 tonnes en ordre de marche; elles y remorquent des charges de 100 tonnes et plus à une vitesse moyenne de 18 à 20 kilomètres à l'heure.

b. — La ligne de La Voute-sur-Loire à Yssingeaux, qui présente sur 9 kilomètres de longueur des rampes de 25 et 30 mm combinées avec des courbes de 120 et de 100 mètres de rayon. Les machines adoptées sur cette ligne sont aussi du système Mallet : elles pèsent 19 tonnes à vide, 25 tonnes en ordre de marche et remorquent des trains de 70 à 75 tonnes à une vitesse moyenne de 15 à 18 kilomètres à l'heure.

1. Dans la circulaire déjà mentionnée du 10 novembre 1887, le ministre des travaux publics a prescrit d'établir les wagons à marchandises des lignes à voie de 1 mètre, de telle sorte qu'ils puissent porter une charge de 10 tonnes.

Sur une ligne à voie de 0m 60, il serait impossible d'obtenir des résultats analogues, même en maintenant pour les courbes le rayon minimum de 100 mètres, attendu qu'on ne peut pas construire, pour cette largeur de voie, des locomotives ayant une puissance équivalente à celles qui circulent sur les lignes ci-dessus désignées.

La faible largeur des locomotives, sur les voies de 0m 60, ne permet pas, en effet, de disposer d'une surface de grille et d'une surface de chauffe suffisantes pour obtenir une puissance de traction comparable à celle des machines à voie de 1 mètre. On ne peut pratiquement construire, pour les voies de 0m 60, que des machines de 12 tonnes en ordre de marche, pouvant remorquer des charges de 25 à 30 tonnes sur des rampes de 30mm par mètre.

En somme, on peut faire une bonne exploitation sur des voies de 1 mètre de largeur, établies avec rayon minimum de 100 mètres et des rampes de 25 et 30mm; ce rayon minimum pourrait être réduit á 60 et même à 50 mètres, si l'on adoptait le système à bogies pour tous les véhicules indistinctement.

Sur les voies de 0m 60, on peut admettre pour les courbes des rayons de 40 et même 30 mètres de rayon et des déclivités de 25 à 30mm; mais il faut prévoir alors qu'on ne transportera que des charges de 25 à 30 tonnes, soit environ le tiers de celles que l'on pourrait transporter sur une voie de 1 mètre, et qu'en outre la vitesse des trains y sera considérablement diminuée.

3° — QUELLE EST LA VITESSE MOYENNE QU'ON PEUT OBTENIR POUR LES TRAINS, LE NOMBRE DES VOYAGEURS ET LE POIDS UTILE EN MARCHANDISES QU'ON PEUT REMORQUER ?

Vitesse des trains. — La vitesse d'une locomotive dépend du diamètre des roues couplées. Le nombre des tours d'une roue couplée ne peut, *pratiquement*, dépasser 3 tours 5 par seconde. La vitesse maxima à l'heure est donc représentée par l'expression

$$3{,}5 \times 3{,}6\,\pi\,D,$$

soit

$$40\,D,$$

en chiffres ronds (D étant le diamètre des roues couplées).

Sur la voie de 1 mètre, les roues des locomotives ont de 0m 90 à 1 mètre de diamètre; la vitesse maxima est donc de 36 à 40 kilomètres à l'heure.

Sur la voie de 0m 60, le diamètre des roues ne peut guère être supérieur à 0m 60, si l'on veut que la machine soit stable sur la voie et qu'elle puisse circuler dans des courbes de faible rayon (30 à 40 mètres). La vitesse maxima des locomotives est donc de 24 kilomètres à l'heure.

Ces vitesses de 36 à 40 kilomètres pour les locomotives à voie de 1 mètre, et de 24 kilomètres pour les locomotives à voie de 0^{m} 60, sont respectivement réduites à des vitesses moyennes de 18 à 20 kilomètres pour les premières et de 9 à 12 kilomètres pour les secondes, quand elles remorquent respectivement des charges de 70 à 80 tonnes et de 25 à 30 tonnes sur des rampes de 25 à 30^{mm}.

Nombre de voyageurs transportés. — Sur la ligne à voie de 1 mètre de Lavoute à Yssingeaux, on peut transporter dans chaque train 250 voyageurs avec un matériel (voitures et fourgons) pesant 53 000 kilogr. environ ; le poids mort est donc de 215 kilogr. par voyageur.

En admettant, pour les lignes à voie de 0^{m} 60, le même poids mort de 215 kilogr. par voyageur, on ne pourrait transporter que 140 voyageurs par train.

Poids utile remorqué en marchandises. — Les Compagnies qui exploitent des lignes à voie d'un mètre y font circuler des wagons pesant en moyenne 3 000 kilogr., qui peuvent être chargés de 10 tonnes de marchandises. La charge utile qui peut être remorquée sur ces lignes est donc de

$$\frac{70 \times 10}{13} = 54 \text{ tonnes.}$$

Un wagon de la voie de 0^{m} 60 pèsera en moyenne 1 800 kilogr. et sera chargé de 5 tonnes. La charge utile qui pourra être remorquée sera donc de

$$\frac{30 \times 5}{6,8} = 22 \text{ tonnes.}$$

4° — QUEL EST LE POIDS DES RAILS PAR MÈTRE COURANT ? QUEL EST LE POIDS DES LOCOMOTIVES ?

Voie d'un mètre. — Les Compagnies qui exploitent des lignes à voie d'un mètre au moyen de locomotives à quatre essieux pesant 24 à 25 tonnes en ordre de marche et de wagons à deux essieux chargés de 10 tonnes, soit par wagon une charge totale de 13 500 kilogr. environ, ont adopté des rails en acier d'un poids de 18 à 20 kilogr. par mètre courant ; il n'y a guère d'exception que sur les lignes de la Corse, où le rail est à double champignon dissymétrique et pèse près de 23 kilogr. par mètre courant.

Voie de 0^{m} 60. — Il semble, *à priori*, qu'on pourrait réduire beaucoup le poids du rail sur les lignes à voie de 0^{m} 60, en raison des charges roulantes moins fortes ; mais c'est une erreur. Il ne suffit pas qu'un rail ait la force de résister à la charge des essieux ; il faut encore qu'il ne se déforme ni ne se renverse sous l'action des efforts latéraux des boudins des roues.

Il est, en outre, nécessaire que l'ensemble de la voie soit lourd, qu'il présente une certaine masse, pour résister au ripage que la circulation des trains provoque toujours plus ou moins, suivant la vitesse et les pentes, surtout dans les courbes de faible rayon.

Pour ces diverses raisons, le poids du rail doit être à peu près le même sur les voies de 0m 60 que sur les voies de 1 mètre et ne pas descendre au dessous de 18 kilogr. par mètre courant[1].

Il est utile, à ce propos, de rappeler le précédent bien connu du chemin de fer du Festiniog : à l'origine de l'exploitation, la voie était armée en rails de 8 kilogr. ; pour satisfaire aux nécessités du service, autant que pour améliorer les conditions de stabilité de la voie, la Compagnie a été amenée successivement à remplacer les rails primitifs par d'autres de 15 kilogr., puis de 24 kilogr.

5° — Dépense kilométrique de superstructure et de matériel roulant.

Superstructure. — La Compagnie des chemins de fer départementaux évalue à 26 000 fr. par kilomètre la dépense nécessaire pour la superstructure d'une ligne à voie de 1 mètre, y compris l'aménagement des gares extrêmes pour le transbordement des marchandises, et à 24 500 fr. celle d'une ligne à voie de 0m 60 établie dans les conditions ci-dessus indiquées.

Elle fait remarquer que, pour la voie proprement dite, la réduction de dépense portera seulement sur la longueur des traverses et sur le cube du ballast, mais que les frais généraux et de main-d'œuvre d'entreprise seront à très peu près les mêmes ; dès lors, elle admet une réduction de 500 fr. par kilomètre sur la voie proprement dite et une réduction de 1 000 fr. pour l'ensemble des appareils et autres installations. Le détail de ces prix de revient est donné ci-dessous :

		VOIE de 1 mètre.	VOIE de 0m 60.
Voie proprement dite, y compris les voies des gares.....		20000f	19500f
Changements de voies, plaques tournantes	650f		
Alimentation des machines.....	500		
Bâtiments des gares, petit atelier de réparations, remises, etc.....	4000	6000	5000
A prévoir pour signaux et quelques barrières, et pour aménagement des gares extrêmes, en vue du transbordement des marchandises, télégraphes, mobilier	850		
Totaux par kilomètre.....		26000f	24500f

1. On peut cependant, sans inconvénient, le réduire à 15 kilogr. ; mais la différence n'est pas grande.

Matériel roulant. — Il faut remarquer que, dans la construction des machines, les frais de main-d'œuvre surtout sont élevés; ainsi, le prix au kilogramme d'une locomotive de 20 tonnes est sensiblement moins élevé que celui d'une machine de 10 tonnes. D'un autre côté, pour satisfaire aux besoins d'un trafic déterminé, la capacité des wagons étant moindre pour le matériel de la voie de 0^{m} 60, il faudra plus de matériel pour enlever le même tonnage qu'avec la voie de 1 mètre.

En tenant compte de ces deux éléments importants, on peut admettre, sans exagération, que, malgré la diminution réelle du prix de chaque véhicule, le matériel roulant nécessaire pour une ligne à voie de 0^{m} 60 coûtera aussi cher, sinon plus, que pour une voie d'un mètre, de même longueur.

Dans l'un et l'autre cas, la dépense peut être évaluée à 9000 ou 10000 fr. par kilomètre pour une ligne de 40 kilomètres. Pour une ligne plus longue (de 60 kilomètres par exemple), le prix total du matériel ne serait pas plus élevé; sa dépense kilométrique se réduirait à 6000 fr. environ.

6° — Frais d'exploitation. — Toutes choses égales d'ailleurs, les dépenses d'exploitation doivent être plus élevées avec la voie de 0^{m} 60 qu'avec celle de 1 mètre.

Plus la voie est étroite, plus le degré d'oscillation latérale, produite par une inégalité de la voie, est grand; plus il y a d'inégalité dans les charges sur les ressorts, et, par suite, sur les deux rails. La voie est donc plus fatiguée.

D'un autre côté, les pièces essentielles des machines et les fusées des essieux, étant placées très près du ballast, s'usent beaucoup plus vite sous l'action destructive des sables et des poussières qui, pendant la marche du train, entourent constamment ces pièces.

Les attelages et les ressorts des véhicules éprouvent aussi des secousses plus fréquentes et sont plus tôt mis hors de service.

Résumé. — En somme, les considérations développées ci-dessus se résument comme il suit :

Pour l'infrastructure, la dépense d'établissement d'une ligne à voie de 1 mètre n'est pas, en général, très supérieure à celle d'une voie de 0^{m} 60, même quand le terrain naturel est accidenté. La différence de prix n'est pas appréciable, si le terrain est peu accidenté.

Pour la superstructure, en supposant qu'on admette le même poids pour les rails, la différence de prix entre les deux types de voie est insignifiante.

En ce qui concerne l'exploitation, il y a lieu de considérer :

Que la charge remorquée sur une voie de 0m 60, établie avec des pentes de 30mm et des courbes de faible rayon, n'atteint pas la moitié de celle qui serait remorquée sur une voie de 1 mètre de largeur, établie dans des conditions équivalentes, et que la vitesse des trains est aussi très sensiblement réduite;

Que les frais d'entretien de la voie et du matériel roulant sont nécessairement plus élevés pour la voie de 0m 60 que pour la voie de 1 mètre.

Il y a lieu, enfin, de tenir compte de ce fait, déjà remarqué par M. Noblemaire[1], que les wagons de la voie de 0m 60 ne peuvent être employés utilement pour le transport des chevaux et du bétail en général, ni pour celui des longues pièces de bois.

La brochure de M. Félix Martin, dont nous avons déjà parlé, contient également un exposé des avantages présentés par la voie de 1 mètre, qu'il nous paraît intéressant de reproduire. D'après M. Félix Martin, la supériorité de la voie de 1 mètre sur les voies de largeur moindre, et spécialement sur celle de 0m 60, tient principalement aux quatre causes suivantes :

1° — LA VOIE DE 1 MÈTRE PERMET L'EMPLOI DES WAGONS DE 10 TONNES RÉDUISANT AU MINIMUM LE POIDS MORT.

Il y a, en effet, grand intérêt à faire circuler sur les lignes d'intérêt local des wagons dont le poids mort soit aussi réduit que possible, en raison des déclivités assez fortes que comportent ces lignes. C'est dans ce but que la Société nationale des chemins de fer vicinaux belges adopte des wagons portant 10 tonnes et pesant 3900 kilogr.; que la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France construit des wagons tombereaux portant la même charge et pesant 3670 kilogr.; et que la circulaire ministérielle du 13 novembre 1887 (déjà mentionnée) a prescrit l'adoption de wagons de 10 tonnes sur les lignes secondaires à voie de 1 mètre.

2° — LA VOIE DE 1 MÈTRE PERMET DE RÉDUIRE NOTABLEMENT LA DÉPENSE DU MATÉRIEL ROULANT.

Cela résulte de la déclaration de M. de Burlet, directeur de la Société des chemins de fer vicinaux belges au Congrès international des chemins de fer en 1889, que nous reproduisons ci-dessous :

« J'ai recueilli les prix des wagons de 10 tonnes et de 5 tonnes employés

1. V. ci-dessus, p. 77.

sur les chemins de fer vicinaux belges : ils sont très intéressants à faire connaître. En ce qui concerne les wagons à haussettes, deux wagons de 5 tonnes nous coûtent environ 1 600 fr., un wagon de 10 tonnes nous coûte environ 900 fr.... »

Dès lors, l'emploi de wagons de 10 tonnes permet, pour une capacité totale de tonnage égale, d'économiser 40 °/₀ environ de la dépense du matériel destiné au transport des marchandises. Cette économie suffit pour compenser à peu près l'augmentation de dépense qui provient de la largeur plus grande de la plate-forme.

3° — La voie de 1 mètre est nécessaire pour assurer la stabilité parfaite du matériel roulant.

Il est clair qu'avec la voie de 0^{m} 60, la largeur des voitures, qui est de 1^{m} 70 à 1^{m} 80, présente un défaut évident de stabilité, par suite d'un porte-à-faux trop considérable. Le transport des bestiaux devient très difficile et même dangereux dans des wagons de ce type portés sur deux essieux.

4° — La voie de 1 mètre est la seule voie étroite comportant des machines ayant une surface de chauffe suffisante pour remorquer un poids de 80 tonnes sur de fortes déclivités continues.

La surface de chauffe est à peu près fonction du carré du diamètre de la chaudière et, par suite, toutes choses égales d'ailleurs, fonction du carré de la largeur de la voie. Les lignes à voie de 0^{m} 60 doivent donc conduire à des chiffres notablement plus faibles pour la surface de chauffe que les lignes à voie de 1 mètre, ce qui diminue la puissance absolue de la machine.

D'ailleurs, d'après M. Meyer, ingénieur en chef du Jura-Simplon, la largeur de 1 mètre paraît être la seule permettant l'emploi simultané de l'adhérence et de la crémaillère. Or, c'est dans cet emploi que réside l'avenir de nos lignes secondaires dans les pays montagneux : l'adoption d'une voie de largeur moindre rendrait impossible l'utilisation du matériel roulant des autres lignes sur ces lignes mixtes, qui paraissent destinées à se développer en France.

Et M. Félix Martin résume comme il suit les considérations précédentes :

« La voie de 1 mètre doit être adoptée pour toute ligne secondaire établie à titre définitif, en vue d'une exploitation normale susceptible d'accroissement et devant assurer le transport de voyageurs, ainsi que de marchandises de toute nature.

« La voie de 0^{m} 60 doit être réservée pour les cas où est indiqué l'emploi d'une voie portative, posée à titre provisoire pour des besoins temporaires,

et notamment pour les raccordements industriels ou agricoles destinés à amener aux lignes secondaires, à moins de frais, les marchandises prises sur les lieux de production. »

Après ces deux éloquents plaidoyers en faveur de la voie de 1 mètre, il nous reste à citer les réponses faites par M. Paul Decauville[1] à la brochure de M. Félix Martin, ainsi qu'à la communication de M. Coste à la Société des ingénieurs civils. Nous pourrons, en même temps, examiner la valeur des arguments produits de part et d'autre et conclure en toute connaissance de cause.

M. Decauville fait remarquer, dans sa réponse à M. Félix Martin, que les lignes à voie de 0m 60 doivent coûter beaucoup moins cher que celles à voie de 1 mètre, et il cite comme exemple celle de Pithiviers à Toury, établie moyennant 25000 fr. par kilomètre, pour transporter les mêmes voyageurs, les mêmes marchandises et des fardeaux indivisibles au moins aussi considérables, au besoin 48000 kilogr., soit 2 tonnes de plus que les locomotives à 4 esssieux des express du P.-L.-M.

D'après lui, l'économie en faveur de la voie de 0m 60 résulte :

1° De l'adoption d'un matériel de voie plus léger, rendu possible par la répartition des charges sur un grand nombre d'essieux;

2° De la réduction du cube du ballast (0m3 330 par mètre courant pour la voie de 0m 60, au lieu de 0m3 800 à 1m3 pour la voie de 1 mètre, et de 1m3 500 à 2m3 pour la voie normale);

3° De l'emploi de rayons de courbes descendant couramment jusqu'à 20 mètres et même 7 à 8 mètres, chiffres bien inférieurs à ceux de 100 et de 60 mètres, généralement en usage sur la voie de 1 mètre, et même à ceux de 25 mètres employés à titre exceptionnel.

M. Decauville évalue à 50 °/₀ et même quelquefois à 75 °/₀ la valeur totale de cette économie.

Il nous paraît certain que l'établissement d'une ligne à voie de 0m 60 doit coûter sensiblement moins cher que celui d'une ligne à voie de 1 mètre; mais nous croyons que l'appréciation ci-dessus exagère beaucoup l'économie qu'on peut réaliser, si l'on veut que la ligne soit établie dans de bonnes conditions. C'est bien ici le cas de faire remarquer qu'en matière de chemins de fer comme en toute autre matière, on n'en a jamais que pour son argent. Il n'est pas douteux qu'on puisse, dans un pays plat, et en utilisant largement l'accotement des routes, établir une ligne voie de 0m 60 de largeur pour une

1. *Réponse à la note de M. Félix Martin*, Corbeil, 1891.

somme voisine de 25 000 fr. par kilomètre, y compris le matériel roulant; on l'a fait récemment entre Pithiviers et Toury. Mais l'instrument de transport qu'on a ainsi réalisé est-il équivalent à celui qu'aurait fourni une ligne à voie de 1 mètre, dont le prix aurait pu atteindre les environs de 40 000 fr. ? M. Decauville paraît le soutenir; mais, à notre avis, cette thèse n'est pas défendable, pas plus que ne serait défendable celle qui consisterait à prétendre qu'une ligne à voie de 1 mètre, construite d'après un programme économique, constitue un instrument de transport équivalent à une voie normale établie dans les mêmes conditions que les grandes artères du réseau français. Mais ce n'est pas là ce qui importe. La chose dont on doit surtout se préoccuper, lorsqu'on établit un chemin de fer, c'est de proportionner l'outil à l'importance des services qu'il doit rendre, et, là où une ligne à voie de 1 mètre suffit, il faut bien se garder d'employer la voie normale; de même, dans bien des cas, la voie de 0^{m} 60 sera suffisante et alors il faudra l'adopter. C'est dans ce sens que M. Noblemaire disait excellemment : « Que de lignes ont été concédées, en France et en Algérie, avec l'obligation de les construire à la voie de 1^{m} 45, qu'il aurait suffi de construire avec une voie de 1 mètre et même de 0^{m} 60! Ce sont des errements dans lesquels il est impossible de persévérer. » Toute la question est de savoir dans quel cas il y a lieu d'adopter 1 mètre, et dans quel cas 0^{m} 60.

Examinons, toutefois, la valeur des trois arguments donnés par M. Decauville et que nous avons rappelés plus haut :

Le premier nous paraît de peu de valeur. Rien n'empêche, avec la voie de 1 mètre, de répartir les charges sur un grand nombre d'essieux et, par suite, d'employer un matériel de voie plus léger : il n'y a de ce fait aucune économie à inscrire à l'actif de la voie de 0^{m} 60.

La réduction du cube de ballast peut donner une certaine économie; mais M. Decauville la chiffre beaucoup trop haut. C'est l'emploi des traverses métalliques seul qui permet de réduire le cube du ballast au chiffre de 0^{m3} 330 par mètre courant (lequel semble, d'ailleurs, un peu inférieur à la réalité). Rien n'empêcherait de se servir de traverses métalliques avec la voie de 1 mètre et, dans ce cas, toutes choses égales d'ailleurs, l'augmentation de cube du ballast proviendrait simplement de la plus grande longueur des traverses; elle serait donc bien faible et égale à 0^{m3} 08 seulement par mètre courant, en supposant, avec M. Decauville, une épaisseur de ballast de 0^{m} 20.

La réduction du rayon des courbes peut conduire, au contraire, à une économie assez importante dans la dépense, bien qu'il n'y ait pas lieu, dans aucun cas, d'adopter les rayons de 7 à 8 mètres préconisés par M. Decauville. L'emploi courant de rayons de courbes pouvant descendre jusqu'à 20 mètres

procure au tracé une flexibilité qui présente d'incontestables avantages. Mais, sur ce point encore, il ne faut rien exagérer. C'est toujours aux dépens de la vitesse qu'on réduit les rayons des courbes, puisque leur présence crée une résistance spéciale à la traction. Il résulte d'expériences, faites en 1891 par M. Desdouits sur une voie Decauville établie à l'usine de Petit-Bourg, que la résistance à la traction a atteint les chiffres suivants :

Pour des rayons de	20 mètres,	la résistance était de	12 à 15 k.	par tonne remorquée.
—	35	—	5 à 8	—
—	50	—	3 à 6	—

Il faut ajouter que, dans les parties en courbes de 20 et 35 mètres, les rayons n'étaient pas très réguliers, ce qui a dû avoir pour résultat d'exagérer un peu les chiffres des résistances. Toutefois, on voit que, pour des rayons de 20 mètres, cette résistance est très élevée et, à ce point de vue, il nous paraît rationnel de conclure qu'il vaut mieux éviter le plus possible l'emploi d'un aussi faible rayon et ne pas descendre au dessous de 35 à 40 mètres, comme à la ligne du Festiniog.

L'économie réalisée atteindra-t-elle, dans ces conditions, 50 °/₀ et même 75 °/₀ de la dépense, comme le pense M. Decauville? Il est très certain que non. Les courbes de 40 mètres de rayon peuvent s'employer avec la voie de 1 mètre, et la seule économie qui résulterait de l'adoption de la voie de 0m 60 proviendrait de la possibilité de se servir plus couramment de ce faible rayon. Nous n'avons pas à chiffrer ici la valeur de cette économie, qui sera évaluée dans le cours de notre ouvrage; il nous suffit d'avoir constaté qu'elle est réelle.

Examinons maintenant les réponses faites par M. Decauville aux quatre arguments de M. Félix Martin :

1° *Réduction du poids mort.* — M. Decauville répond que la voie de 0m 60 permet l'emploi de wagons portant couramment 10 tonnes et plus, et pesant moins que les wagons correspondants de la voie de 1 mètre.

S'il en est ainsi, cela prouve simplement que la construction du matériel à voie de 1 mètre n'a pas encore atteint le degré de perfectionnement dont elle est susceptible; car rien n'autorise à penser que la réduction de largeur de la voie puisse amener une diminution du poids mort, au contraire. Quelle que soit la largeur de la voie, on ne peut toujours faire porter à un essieu d'un type déterminé qu'une certaine charge maxima et, si l'emploi des bogies américains permet, sur la voie de 0m 60, de concentrer une charge de 10 tonnes dans un wagon reposant sur 4 essieux, on peut être assuré que le même résultat serait obtenu avec une largeur de voie de 1 mètre et sans augmentation du poids mort.

D'ailleurs, d'après le catalogue de la Société Decauville (août 1892), le poids des wagons découverts, de la force de 10 tonnes, portés sur deux bogies, varie de 3 000 à 3 200 kilogr.; sur la ligne de Hermes à Beaumont (à voie de 1 mètre), les wagons plateformes pèsent 3 050 kilogr. et les wagons-tombereaux 3 280 kilogr.; ils sont portés sur deux essieux seulement et peuvent être chargés de 10 tonnes.

2° *Réduction de la dépense du matériel roulant.* — M. Decauville répond que le matériel à voie de 0m 60 est *incontestablement* moins cher que le matériel à voie de 1 mètre, organisé dans les mêmes conditions; il n'apporte, d'ailleurs, aucune preuve à l'appui de cette assertion. Mais il ajoute que, le matériel de la voie de 0m 60 étant très bas, a l'avantage de supprimer à peu près complètement les installations de gares, telles que quais, appareils de levage, etc., ce qui peut se chiffrer, dans certains cas, par des sommes importantes.

Il suffit de se reporter aux catalogues de la Société Decauville pour s'apercevoir que la première assertion est une erreur. En effet, les wagons à marchandises découverts, de la force de 10 tonnes, pour voie de 0m 60, y sont cotés 2520 fr., 2 690 fr. et 2 850 fr.; les wagons fermés, de la même force, sont cotés 3 130 fr. D'après M. de Burlet[1], les wagons découverts belges, pour voie de 1 mètre, et de la force de 10 tonnes, coûtent 900 fr. environ; sur la ligne d'Anvin à Calais, à voie de 1 mètre, les wagons plateformes ont coûté 1 575 fr., les wagons tombereaux 2000 fr. et les wagons couverts, 2350 fr. Il est vrai qu'ils ne portent que 8 tonnes, mais une augmentation de force de 2 tonnes n'augmenterait certainement pas leurs prix jusqu'à des chiffres égaux à ceux de la voie de 0m 60.

En ce qui concerne l'avantage de supprimer les installations de gares, il n'est pas spécial à cette largeur de voie, puisque, sur les tramways de Loir-et-Cher (à voie de 1 mètre), il n'y a dans les stations ni quais, ni appareils de levage.

3° *Stabilité du matériel roulant.* — M. Decauville répond qu'il y a eu, en effet, des déraillements dans le transport des bestiaux sur les voies étroites, même sur la voie de 1 mètre, mais que ces accidents se sont produits parce qu'on employait sur ces voies des wagons copiés, dans de mauvaises conditions, sur ceux des lignes à voie normale. Il ajoute que la Société Decauville construit, pour le transport des bestiaux, sur la voie de 0m 60, des wagons spéciaux portés sur deux trucks américains, lesquels sont placés aux deux extrémités du wagon, de sorte que le plancher se trouve plus bas que les essieux et que le bétail peut être embarqué en pleine voie, sans quai ni

1. Congrès international des chemins de fer. Session de 1889.

plan incliné. D'après le catalogue de cette Société, ces wagons ont 9m 80 de longueur totale; leur poids est de 4700 kilogr., et leur prix, de 3200 fr. Ils peuvent recevoir quatre chevaux ou quatre bœufs; des coffres placés aux deux bouts permettent de compléter le chargement à 10 tonnes.

Il est donc reconnu, d'après cet exposé, que le matériel de la voie de 0m 60, lorsqu'il est construit d'après le modèle ordinaire, ne présente pas assez de stabilité pour le transport des bestiaux, et qu'il est nécessaire de construire des wagons spéciaux, fort lourds et d'un prix élevé, lorsqu'on a à faire des transports de cette nature.

Sur la voie de 1 mètre, au contraire, ces transports se font très facilement avec le matériel ordinaire, à la seule condition qu'il soit bien construit. Les renversements qui se sont produits dans le transport des bestiaux sur la ligne d'Anvin à Calais (à voie de 1 mètre) proviennent de ce que les wagons affectés à ce transport manquent de stabilité, en raison de la largeur qu'on leur a donnée pour pouvoir embarquer les bestiaux en travers; il suffit de renoncer à cette manière de faire et de transporter les bestiaux en long pour n'avoir aucun déraillement à craindre sur la voie de 1 mètre, avec le matériel ordinaire. Il n'en serait pas de même avec la voie de 0m 60 et même avec la voie de 0m 75, comme le prouvent les renversements de wagons à bestiaux qui se sont produits sur la ligne, à voie de 0m 75, de Liesthal à Waldenburg (Suisse), et les difficultés qu'on éprouve sur la ligne, à voie de 0m 75, de Dœtinchem à Terborgh (Hollande), où ces transports ne peuvent se faire qu'en réduisant à 10 kilomètres la vitesse des trains.

La voie de 1 mètre jouit donc, à ce point de vue, d'une incontestable supériorité sur celle de 0m 60.

4° *Surface de chauffe et puissance de traction des machines.* — M. Decauville répond en citant les chiffres comparatifs suivants, au sujet de la surface de chauffe et de la surface de grille de deux types de machines pour voie de 0m 60 et de 1 mètre :

	Surface de chauffe	Surface de grille
Machine préconisée en 1881 pour les chemins de fer corses (à voie de 1 mètre).....	58m2 35	1m2 076
Machine en service depuis 1872 sur la ligne du Festiniog (à voie de 0m 60)	66m2 24	1m2 04

L'argument ne nous paraît pas concluant. On oublie de dire, en effet, que depuis 1871 la ligne du Festiniog est armée en rails de 24 kilogr. le mètre linéaire, ce qui explique comment elle peut porter des machines de 23 tonnes, ayant 66 mètres carrés de surface de chauffe. Mais les machines construites, pour voie de 0m 60, par la Société Decauville pèsent, au maximum,

13 tonnes en ordre de marche et leur surface de chauffe ne dépasse pas 25^{m2} 60. Si donc il est démontré par l'exemple du Festiniog que la voie de 0^{m} 60 ne s'oppose pas à la construction de machines puissantes, il faut remarquer que c'est à la condition d'employer en même temps un rail lourd, plus lourd que le rail habituel de la voie de 1 mètre, et il est évident que, si la ligne du Festiniog était à voie de 1 mètre, l'emploi de machines puissantes y serait beaucoup plus facile.

Il demeure donc bien acquis, ce qui, au reste, n'était pas contestable, que la largeur de 1 mètre pour la voie est plus favorable que la largeur de 0^{m} 60 à l'établissement de machines ayant une grande surface de chauffe et développant un grand effort de traction.

Après cet examen un peu détaillé de la controverse entre M. Martin et M. Decauville, il nous sera possible d'être bref en ce qui concerne la réponse faite par ce dernier à la conférence de M. Coste. On n'y trouve, en effet, que peu d'arguments nouveaux; nous la résumons sommairement.

1° Épaisseur et largeur du ballast. — Alors que la voie de 1 mètre exige 1^{m3} 300 à 1^{m3} 400 de ballast par mètre courant, celle de 0^{m} 60 n'en consomme que 0^{m3} 330 à 0^{m3} 350, à cause de l'emploi des traverses métalliques; avec des traverses en bois, il en faudrait 0^{m3} 600.

Nous avons déjà examiné cet argument et montré qu'il est de faible valeur : on verra, en outre, dans le cours du présent ouvrage que le cube du ballast, pour une voie de 1 mètre de largeur, sur traverses en bois, ne dépasse pas 0^{m3} 90 à 1^{m3} par mètre courant; pour une voie de 0^{m} 60, établie dans les mêmes conditions, ce cube ne diminuerait que de la quantité correspondant à la moindre largeur de la voie, soit à peu près de $0{,}40 \times 0{,}35 \times 1{,}00 = 0^{m3}14$. Il serait donc de 0^{m3} 76 à 0^{m3} 86 et non pas de 0^{m3} 60.

2° Déclivités et rayons des courbes. — M. Decauville laisse de côté les déclivités et ne parle que des rayons de courbes; il préconise l'emploi du rayon de 20 mètres, qui donne à la voie de 0^{m} 60 une flexibilité excessive (*sic*) et lui permet de pénétrer partout où une voiture peut arriver.

Nous avons déjà examiné cette question et conclu qu'il fallait, autant que possible, ne pas descendre au dessous de 35 à 40 mètres pour les rayons des courbes.

3° Vitesse des trains. Nombre des voyageurs. Poids utile remorqué en marchandises. — *Vitesse des trains.* — M. Decauville fait observer que l'on peut construire des locomotives à voie de 0^{m} 60 avec des roues de 0^{m} 75 de diamètre, comme c'est le cas pour celles du Festiniog, qui font jusqu'à

50 kilomètres à l'heure. Il ajoute que, sur le chemin de fer de l'Exposition universelle de Paris, les machines, bien que portées sur des roues de 0 m 60 et 0 m 65 de diamètre, avaient une vitesse de 40 kilomètres à l'heure entre les stations de la Tour Eiffel et de la Galerie des machines, et que c'est grâce à cette vitesse qu'on a pu atteindre le nombre de 300 trains par jour.

D'après l'ouvrage de M. Vignes sur le chemin de fer du Festiniog [1], les machines les plus récentes employées sur cette ligne ont des roues de 0 m 813 de diamètre (et non 0 m 75); elles sont du type Fairlie, c'est-à-dire qu'elles se composent, en réalité, de deux machines distinctes, dont on aurait accolé les chaudières par l'arrière des boîtes à feu; leur vitesse maxima, donnée par la formule [2]

$$40\,D,$$

est donc de

$$40 \times 0{,}813 = 32{,}52,$$

soit à peine 33 kilomètres à l'heure.

Si l'on supposait que les roues couplées fissent 4 tours par seconde, ce qui est l'allure des machines des grands express, on arriverait à une vitesse de 36 kilom. 6.

En ce qui concerne la deuxième assertion, la vérification n'est pas possible, puisque la ligne n'existe plus; mais voici ce qu'on lit dans le compte rendu de la *Revue générale des chemins de fer* (juin 1889) :

« *Service et vitesse des trains.* — Depuis le 6 mai dernier, date de l'inauguration de l'Exposition, jusqu'au 7 juin, les trains ont circulé dans les deux sens entre la station de la Concorde et celle du Trocadéro-Tour Eiffel, à des intervalles de 10 minutes les uns des autres, depuis 8 h. 54′ du matin (station Trocadéro-Tour Eiffel) et 9 heures du matin (station de la Concorde) jusqu'à minuit 20′ (station Trocadéro-Tour Eiffel) et 11 h. 56′ du soir (station de la Concorde). Il y avait donc 90 trains par jour et dans chaque sens; ce trajet se faisait en 12 minutes. Le nombre des voyageurs transportés dans le premier mois a atteint 700 000.

A partir du 8 juin, les trains ont été autorisés à circuler à 8 minutes d'intervalle les uns des autres.

La vitesse maximum réelle de marche des trains est limitée à 15 kilomètres sur la voie courante et doit être réduite à 4 kilomètres aux abords des passages à niveau des stations. »

La mémoire de M. Decauville l'aura probablement mal servi, et, se rappelant à distance le grand et légitime succès obtenu par le petit chemin

1. Vignes. *Étude technique sur le chemin de fer du Festiniog et quelques autres chemins de fer à voie étroite de l'Angleterre*, Paris 1878.
2. V. ci-dessus, p. 83.

de fer de l'Exposition, il aura, sans y penser, exagéré les qualités des machines qui le desservaient.

Quoi qu'il en soit, il est prudent de s'en tenir pratiquement aux limites de vitesse données par M. Coste, soit 40 kilomètres pour la voie de 1 mètre et 24 kilomètres pour la voie de 0^m 60.

Nombre des voyageurs. — M. Decauville fait remarquer que les trains de l'Exposition contenaient 418 personnes, chaque train pesant 54 tonnes, non compris la machine, et que le poids mort par voyageur était de 60 kilogr. Il y a dans cette remarque une inexactitude manifeste. Un train de 54 tonnes comporterait un poids mort de $\frac{54000}{418} = 128$ kilogr. par voyageur (au lieu de 60). Il est probable que l'auteur a voulu écrire 24000 kilogr. au lieu de 54000. En outre, sa mémoire paraît l'avoir encore mal servi, car on lit dans le compte rendu déjà cité :

« *Composition des trains.* — Chaque train comporte un wagon-salon de première classe, à 20 places, et 5 voitures de deuxième classe à 56 places chacune ; le nombre des places offertes est donc de 300 places par train. »

Si l'on admet comme exact le poids de 24 tonnes, le poids mort par place offerte ressort à 80 kilogr. Mais il ne faut pas perdre de vue que le matériel roulant était exceptionnellement léger et construit en vue d'un service d'été. Il ne serait pas possible de l'utiliser pour un service permanent, devant avoir lieu en toute saison et sur des parcours un peu longs.

En somme, il n'y a pas de raison pour que le matériel à voyageurs de la voie de 0^m 60 ait un poids mort plus faible que celui de la voie de 1 mètre et, en tout cas, si l'on voulait faire une comparaison, ce n'est pas le matériel exceptionnel de l'Exposition universelle qu'il faudrait prendre.

Poids utile remorqué en marchandises. — M. Decauville répond sur ce point que les wagons de 10 tonnes ne sont pas le monopole de la voie de 1 mètre et que la voie de 0^m 60 comporte des wagons pesant 2500 kilogr. et portant 10 tonnes. Nous avons déjà examiné cet argument.

Il ajoute que la charge utile remorquée en marchandises doit être la même sur les deux voies, puisqu'elle est la même pour les voyageurs.

Cet argument est de peu de valeur ; il est clair, au contraire, que si les machines de la voie de 0^m 60 sont, en général, plus faibles que celles de la voie de 1 mètre (ce qu'on ne saurait contester), et si, d'autre part, cette dernière voie permet de diminuer le poids mort des wagons (ce qui ne nous paraît pas douteux), le poids utile remorqué sera, toutes choses égales d'ailleurs, plus grand sur la voie de 1 mètre que sur celle de 0^m 60.

4° Poids des rails. Poids des locomotives. — M. Decauville remarque simplement que le réseau stratégique de l'Est est établi en rails de 9 kilogr. 500, en acier, rivés sur traverses en acier du poids de 10 kilogr., au nombre de huit par longueur de rail de 5 mètres, et que cette voie est plus résistante qu'une voie en rails de 12 kilogr., sur traverses en bois.

Il est clair que ce n'est pas la question et qu'il n'y a pas à tenir compte de cet argument, absolument indépendant de la largeur de la voie.

5° Dépense kilométrique de superstructure et de matériel roulant. — Il n'y a que bien peu de choses à dire à ce sujet. M. Decauville se borne à faire remarquer sur le premier point que « l'ingénieur en chef du Loiret, chargé d'installer la ligne de Pithiviers à Toury, longue de 29 kilomètres, à voie de 0m 60, a compté son *infrastructure* (*sic*) à raison de 6670 fr. par kilomètre » et que, « sur la section de la ligne de Luc à Ouystreham, l'*infrastructure* (*sic*) a été faite par le département du Calvados et lui a coûté 1330 fr. par kilomètre. » Il est clair, également, que ce n'est pas la question.

Sur le deuxième point, aucun argument nouveau.

Frais d'exploitation. — M. Decauville vante, avec beaucoup de raison, le système de matériel roulant porté sur deux bogies, et fait remarquer que la suspension de ce genre de voitures ne laisse rien à désirer et que la douceur du roulement y est parfaite. C'est très exact, mais on conviendra que ce système n'est pas spécial à la largeur de voie de 0m 60.

Conclusions. — Après cet examen des divers arguments produits en faveur de l'une et l'autre largeur de voie, il nous reste à conclure. Nous le ferons en peu de mots.

Il nous paraît clair que la voie de 1 mètre présente de grands avantages par rapport à celle de 0m 60, notamment le moindre prix et la stabilité plus grande du matériel roulant, et qu'elle est un instrument de transport plus perfectionné; la voie de 0m 60, de son côté, sans prétendre à remplir le même programme qu'une voie de largeur plus grande, peut rendre de très utiles services, précisément parce qu'elle peut se prêter à une installation plus économique, et répondre à des besoins plus modestes.

Chacune des deux largeurs de voie peut donc être employée et rendre des services. Le point important est de bien choisir et d'approprier l'instrument de transport aux nécessités du trafic. Mais, en tout cas, la voie de 0m 60 ne doit pas être écartée en principe, et il est intéressant d'en étudier les dispositions afin de pouvoir les appliquer au besoin. Quant aux circonstances de son emploi, nous croyons qu'elles ne sauraient être mieux carac-

térisées que par l'appréciation qu'en a faite M. Noblemaire, dans son *Étude sur les chemins de fer départementaux*[1].

Il faut se garder de croire, comme paraît le faire M. Decauville, que la voie de 0m60 soit en principe une solution meilleure que la voie de 1 mètre; mais il ne faut pas non plus refuser de descendre au dessous de cette dernière largeur de voie et, dans les divers cas où la voie de 0m 60 peut suffire, il ne faut pas hésiter à l'adopter.

Nous pouvons citer, comme exemple d'emploi rationnel de la voie de 0m 60, celui qui en a été fait par le service municipal de Paris pour l'exploitation de la carrière des Maréchaux, dans le département de Seine-et-Oise[2] : nous ne prétendons pas, d'ailleurs, que l'emploi de cette voie doive être limité à des cas analogues, mais nous voulons faire voir qu'il a présenté, dans ces circonstances, de grands avantages.

La ville de Paris exploite cette carrière depuis 1879 pour le pavage de ses rues. Jusqu'en 1885, les produits étaient conduits au tombereau à la station des Essarts-le-Roi, sur la ligne de Paris à Chartres, et de là transportés à Paris par chemin de fer. Le trajet en tombereau était d'environ 10 kilomètres, par des chemins communaux sommairement entretenus et qui devenaient impraticables dans la saison des pluies; les transports étaient interrompus pendant au moins 3 mois d'hiver; en toute saison, ils étaient difficiles. Le prix de transport d'une tonne de pavés aux Essarts-le-Roi atteignait 5 fr. environ, dont 1 fr. de subvention industrielle allouée aux communes dont on dégradait les chemins. En outre, les produits secondaires de la carrière, d'une valeur beaucoup moindre que les pavés, ne se transportaient pas. En somme, l'opération était très onéreuse pour la ville de Paris.

L'établissement d'une ligne à voie étroite entre la carrière et la station des Essarts-le-Roi est venu modifier d'une façon heureuse cette situation. On a choisi la largeur de voie de 0m 60 et commandé le matériel fixe et roulant à la Société Decauville.

La ligne, établie dans des conditions économiques en rails de 9 kilogr. 500 au mètre courant rivés sur des traverses métalliques, a 9 kilomètres de longueur environ. La largeur de voie de 0m 60 satisfait, depuis 1885, aux exigences de l'exploitation; elle a permis, notamment, de réduire au minimum la largeur empruntée aux chemins forestiers et de loger la voie, sans acquisition de terrain, dans les dépendances de la ligne de Bretagne, sur 1 kilomètre de longueur.

1. V. ci-dessus, p. 77.
2. V. *Annales des Ponts et Chaussées*, juin 1892. Note par M. Tur, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il résulte des calculs joints à la note de M. Tur que l'installation de cette ligne a permis de réduire à 1 fr. 50 par tonne environ le prix de transport des pavés et, en outre, de trouver un écoulement aux produits secondaires de la carrière. Le bénéfice qui en est résulté pour la ville de Paris a atteint une moyenne de 64 200 fr. par an.

Nous reviendrons sur les conditions techniques d'établissement de cette ligne; il nous suffit pour le moment d'avoir montré l'intérêt qu'elle présente.

LIVRE SECOND

INFRASTRUCTURE

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE DU TRACÉ

Tracé. — Déclivités. — Courbes. — Etude du tracé des tramways. — Emplacement de la voie. — Emprunt de la voie des grandes lignes.

Il résulte des considérations de diverses natures, que nous avons exposées dans le livre premier, qu'un chemin de fer d'intérêt local doit généralement être établi à voie étroite. C'est, bien entendu, l'étude attentive de la question dans chaque cas particulier qui doit servir à déterminer la largeur de la voie; mais, dans la grande majorité des cas, c'est à la voie étroite seule qu'on sera conduit. C'est donc des installations relatives aux lignes à voie étroite que nous devons maintenant nous occuper, en distinguant la voie de 1 mètre de celle de $0^{m}60$; nous étudierons également le cas où la ligne est établie sur accotement de route et prend ainsi le caractère d'un tramway.

La question de l'établissement des chemins de fer à voie de 1 mètre de largeur a été étudiée très complètement, au moment de la construction du réseau des chemins de fer de la Corse, par une commission qui avait été nommée à cet effet; on trouvera, dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de janvier 1884, les différents rapports présentés à cette occasion. MM. Sartiaux et Banderali, de la Compagnie du Nord, ont, de leur côté, publié, dans la *Revue générale des chemins de fer* de septembre et novembre 1884, d'août et de décembre 1885, quatre articles dans lesquels ils ont résumé, en les complétant, les résultats obtenus par la Commission, de manière à servir de guide aux ingénieurs qui s'occupent de la construction et de l'exploitation des chemins de fer à voie étroite.

C'est principalement à ces excellents travaux, ainsi qu'aux documents ayant servi récemment à l'établissement des tramways à voie de 1 mètre,

que nous avons emprunté la plupart des renseignemeuts qui figurent dans le présent ouvrage.

D'autres publications intéressantes ont également paru, en ce qui concerne l'établissement des lignes à voie de 1 mètre; nous en citons quelques-unes par ordre de date :

Note sur le chemin de fer à voie de 1 mètre de Hermes à Beaumont, par M. Dupriez (Revue générale des chemins de fer, mai et septembre 1881).

Note sur la question des chemins de fer économiques, et en particulier sur la question des chemins de fer à voie étroite, par M. Sartiaux (Revue générale des chemins de fer, mai 1883).

Note sur les conditions techniques d'établissement du chemin de fer à voie étroite de 1 mètre, de Cambrai à Catillon, en partie sur accotement de routes, par M. Louis Rey (Revue générale des chemins de fer, janvier et mars 1887).

Monographie d'une ligne à voie de 1 mètre, avec rampes maxima de 40^{mm} et rayons minima de 40 mètres, ligne de Beaune à Arnay-le-Duc, par M. Félix Martin (Revue générale des chemins de fer, juin 1891).

Le chemin de fer transandin à voie de 1 mètre, de Buenos-Ayres à Valparaiso, par M. Schatzmann. (Revue générale des chemins de fer, janvier et mai 1892).

En ce qui concerne les lignes à voie de 0^{m} 60, les documents sont moins nombreux; nous nous servirons principalement de la notice sur le chemin de fer de l'Exposition universelle de Paris (*Revue générale des chemins de fer*, juin 1889), de l'ouvrage récent de M. Tartary (*Construction et exploitation des chemins de fer à voie de 0^{m} 60*, Paris 1891) et des documents relatifs à l'établissement du tramway de Pithiviers à Toury.

Enfin, sur un grand nombre de questions, nous ferons usage du *Cours de chemins de fer* professé à l'École des Ponts et Chaussées par M. Bricka (1891-1892).

ÉTUDE DU TRACÉ. — DÉCLIVITÉS. — COURBES.

Tracé. — Le tracé des lignes à voie étroite doit être étudié avec le plus grand soin et avec la préoccupation constante de desservir les intérêts locaux, et cela d'autant plus qu'il s'agit d'intérêts plus modestes et plus difficiles à attirer. On ne doit pas perdre de vue que ces petites lignes ont pour mission d'aller chercher le trafic dans tous les endroits où il est susceptible de se produire; il faut pour cela se rapprocher le plus possible des localités à desservir et placer les stations, pour ainsi dire, à la porte même des populations qui doivent les employer. Il y a là, bien plus que pour les grandes

lignes, une question de la plus grande importance pour les petits chemins de fer; une même localité peut donner un trafic presque nul ou très important, suivant le plus ou moins de facilités d'accès que présente la station.

La détermination du tracé comporte, comme pour les grandes lignes, une étude préliminaire sur la carte, puis une étude sur le terrain destinée à la confection d'un plan coté à grande échelle, enfin une étude définitive sur ce plan.

L'étude préliminaire se fait, en France, au moyen de la carte de l'état-major au 40000e, avec courbes de niveau espacées de 10 en 10 mètres; cette carte donne une idée approximative de la configuration du sol, et permet de déterminer la direction générale à suivre.

Une fois cette direction choisie, on la reporte sur le terrain, sans tenir compte des courbes, de manière à avoir une *ligne de base* polygonale, qui sert d'axe à un lever de plan coté très exact. Ce lever se fait au moyen du nivellement en long de la ligne de base, lequel doit être déterminé très rigoureusement avec un niveau à bulle d'air, et par le lever de profils en travers plus ou moins étendus, qui fournissent un grand nombre de cotes du terrain et permettent d'en obtenir le relief. Ces profils en travers, qui n'ont pas besoin d'être connus avec la même exactitude que la ligne d'axe, peuvent être levés avec un niveau d'eau.

Ces diverses opérations sur le terrain servent à la confection d'un plan coté à grande échelle, généralement au 2000e, qui est alors l'instrument principal de l'étude. On l'obtient en rapportant sur une feuille de papier le profil en long et les profils en travers levés sur le terrain, et en traçant au moyen des cotes ainsi obtenues des courbes de niveau, généralement distantes de 2 en 2 mètres d'altitude. C'est sur ce plan qu'on fait l'étude détaillée du tracé, en ayant soin de la compléter et de l'éclairer par une inspection fréquente du terrain, qui permet d'en bien connaître la disposition et de déterminer plus sûrement la direction à suivre.

Le tracé une fois arrêté sur le plan au 2000e, on le reporte enfin sur le terrain; puis on lève le profil en long et des profils en travers assez nombreux pour servir à la rédaction du projet définitif, au calcul des terrassements, etc.

Les points spéciaux sur lesquels doit se porter l'attention de l'ingénieur dans cette étude sont : la traversée des faîtes, celle des vallées et l'emplacement des stations.

La traversée des faîtes, c'est-à-dire le passage d'une vallée dans une autre, se fait par les points les plus déprimés, c'est-à-dire par les cols, toutes les fois que la ligne de faîte peut être franchie au moyen d'une tranchée. Dans le cas où il est nécessaire de faire un souterrain, il n'y a plus d'intérêt à

passer par le col; on doit simplement chercher à traverser la montagne à l'endroit où elle présente le moins d'épaisseur. On établit, d'ailleurs, les souterrains en alignement droit, autant que possible et on y réduit la pente par rapport au maximum des déclivités admis dans le programme du tracé, attendu que l'adhérence y a toujours une valeur moindre qu'en plein air, ce qui diminue l'effort de traction des machines.

Pour la traversée des vallées, on recherche, en général, les parties étranglées, afin de diminuer la longueur des viaducs à établir, à moins qu'on ne se trouve dans des vallées très plates, au fond desquelles on peut descendre sans dépasser les limites admises pour les pentes.

L'emplacement des stations a une grande importance sur les lignes d'intérêt local; il faut s'efforcer de desservir le plus grand nombre de localités et dans les meilleures conditions possibles. Il faut, en général, les établir en palier et en alignement droit, leur donner un accès facile, et réserver la possibilité d'un agrandissement ultérieur. Quand les deux premières conditions ne peuvent pas être réalisées absolument, on doit, tout au moins, ne pas dépasser des déclivités de 3^{mm} et adopter un rayon de courbe assez grand pour que la vue soit bien dégagée.

Déclivités. — Qu'il s'agisse de lignes à voie de 1 mètre ou de lignes à voie de 0^{m} 60, il n'y a pas d'inconvénient à admettre un chiffre maximum de 25 à 30^{mm} par mètre et à user largement de ce maximum toutes les fois qu'il peut en résulter une économie sérieuse dans les dépenses de construction. Quand il s'agit, en effet, de lignes dont la recette probable n'atteint que rarement 6000 à 8000 fr. par kilomètre, ce qui correspond à un mouvement de 100 à 150 tonnes par jour, les trains de voyageurs, au nombre de trois dans chaque sens, n'ont pas à enlever généralement plus de 20 à 30 tonnes chacun. Comme il est facile d'avoir, avec la voie de 1 mètre, des machines capables de remorquer 100 tonnes brutes ou 75 tonnes utiles sur des rampes de 25 à 30^{mm}, le trafic pourra toujours être enlevé par les trois trains que le service des voyageurs force à établir, quelle que soit, d'ailleurs, la recette de la ligne.

Sur les lignes à voie de 0^{m} 60, le trafic sera généralement moindre et, par suite, ces déclivités ne présenteront pas d'inconvénient non plus.

Il est bon de remarquer que les déclivités indiquées ci-dessus doivent être entendues dans le sens de *déclivités nettes*, c'est-à-dire de déclivités en ligne droite ou de celles qui, ajoutées à la courbe, équivalent, comme résistance à la traction, aux déclivités en alignement droit.

Pour le passage des points difficiles, on peut, à la rigueur, admettre des déclivités supérieures à 30^{mm}. On emploiera, si le trafic l'exige, la double

traction, en plaçant, pour monter la rampe, la première machine en tête du train, et la seconde en queue, non attelée ; à la descente, les deux machines seront placées en tête. En tout cas, si les fortes rampes à franchir sont un peu longues, il sera nécessaire de ménager quelques paliers pour la reprise des machines et, en outre, de placer au sommet de la rampe une double voie d'une longueur suffisante pour permettre à la seconde machine de passer de la queue à la tête du train.

Courbes. — En ce qui concerne les rayons des courbes, il est nécessaire de faire une distinction suivant la largeur adoptée pour la voie.

Lignes à voie de 1 mètre. — Sur les lignes à voie normale, on a admis pendant longtemps que le minimum des rayons des courbes à employer en en pleine voie était de 300 mètres. Mais, en présence du prix d'établissement toujours croissant des nouvelles lignes qui pénétraient dans des pays de plus en plus accidentés, l'administration des travaux publics s'est préoccupée de réduction des rayons, et une commission qu'elle avait nommée publia un rapport (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1886, 2e semestre)[1], qui faisait ressortir la possibilité d'adopter, sur la voie normale, des courbes de 250, 200 et 150 mètres de rayon, lorsque la vitesse maxima des trains est respectivement de 60, 45 et 25 kilomètres à l'heure.

Les résultats des recherches de cette commission n'ont pas suffi pour modifier d'une manière sensible les habitudes des constructeurs, et une nouvelle commission fut nommée, en 1890, pour compléter ces recherches. Des expériences directes ont été faites sur la circulation dans les courbes en voie normale et en voie de 1 mètre, et sur la mesure de leur résistance à la traction. Ces expériences, dont nous avons déjà dit quelques mots[2], ont mis en lumière un certain nombre de faits importants et imprévus, principalement en ce qui concerne la voie normale, qui permet d'employer sans aucun danger des rayons de 250, 200 et même 150 mètres, ce dernier rayon devant être réservé aux lignes à faible trafic et à vitesses modérées.

D'après les mesures faites par M. Desdouits, la résistance à la traction spécialement due aux courbes peut être pratiquement représentée par la formule

$$\delta = \frac{500\,l}{R},$$

δ, représentant la résistance par tonne du train entier (machine comprise),
R, le rayon de la courbe,
l, la largeur de la voie (en nombre rond $1^m\,50$, 1 mètre ou $0^m\,60$).

1. V. *Traité complet des chemins de fer*, tome I, page 27.
2. V. ci-dessus, p. 62, note 2.

Comme le fait remarquer M. Bricka, il ne faut pas voir dans cette formule l'expression d'une loi quelconque; elle signifie simplement qu'en reportant sur une feuille de papier les résultats des expériences dans lesquelles on peut avoir le plus de confiance, en prenant pour abscisses les rayons des courbes et pour ordonnées les résistances, les trois hyperboles dont les équations sont

$$y = \frac{750}{x}, \qquad y = \frac{500}{x}, \qquad y = \frac{300}{x},$$

représentent une interpolation suffisamment approchée de ces résultats pour chacune des largeurs de voie.

En nous bornant ici à la voie de 1 mètre, la formule

$$\delta = \frac{500l}{R}$$

donne les résultats suivants :

Pour $R = 500^m$	$\delta = 1^k$
$R = 250$	$\delta = 2$
$R = 200$	$\delta = 2{,}5$
$R = 150$	$\delta = 3{,}3$
$R = 100$	$\delta = 5$
$R = 50$	$\delta = 10.$

On voit qu'elle donne des valeurs de la résistance un peu plus élevées que celles qui résultent des expériences faites sur la ligne de Beaune à Arnay-le-Duc[1]. Cela tient à ce qu'elle représente les moyennes d'un assez grand nombre d'expériences faites. Elle s'applique d'ailleurs à des lignes exploitées au moyen du matériel rigide ordinaire, ayant 2 à 3 mètres d'écartement d'essieu.

Si l'on remarque qu'en voie normale les courbes de 500, 400 et 300 mètres de rayon sont considérées comme donnant respectivement un supplément de résistance de 2, 3 et 4 kilogr. par tonne, on conclut de ce qui précède que, sur la voie de 1 mètre,

la courbe de 250^m	de rayon équivaut	à peu près à	celle de 500^m	en voie normale,
— 150		—	400	—
— 125		—	300	—

Il en résulte que, sur les lignes à voie de 1 mètre exploitées avec le matériel rigide ordinaire, les courbes de 125, 150 et 250 mètres de rayon

1. V. ci-dessus, p. 62, note 2.

peuvent être considérées comme équivalentes à des rampes de 4, 3 et 2 millimètres, et que, par suite, les déclivités maxima doivent être diminuées d'autant, lorsqu'elles coïncident avec ces courbes. Au delà de 400 mètres de rayon, les courbes de la voie de 1 mètre n'augmentent pas d'une manière sensible la résistance à la traction et peuvent être assimilées à des alignements droits.

Dès lors, voici les conclusions pratiques à tirer de ce qui précède, au point de vue de l'emploi des courbes dans les tracés des lignes à voie de 1 mètre.

On considère le rayon de 150 mètres comme la limite normale dans les tracés faciles; mais on peut parfaitement descendre à 100 mètres dans les tracés un peu difficiles et même à 75 et 60 mètres, si les circonstances l'exigent; sur les tramways de la Sarthe et la ligne de Beaune à Arnay-le-Duc on a même adopté des rayons de 40 mètres; mais ce sont là des limites qu'on ne doit admettre que dans des cas exceptionnels et avec de faibles vitesses. Il y a grand intérêt, en effet, au point de vue de la résistance à la traction et aussi dans le but de diminuer l'usure de la voie et du matériel roulant, à n'employer ces faibles rayons que lorsqu'il est absolument impossible ou extrêmement coûteux de faire autrement. Il est bon de s'en tenir au rayon minimum de 100 mètres, sauf dans les gares, où les véhicules circulent sans vitesse.

Dans tous les cas, pour les chemins à voie étroite comme pour les lignes à voie normale, on ne saurait trop recommander l'étude attentive des rayons et, dans les essais successifs que l'on a à faire pour augmenter la flexibilité du tracé, de rapprocher le plus possible les degrés de l'échelle de ces essais. C'est ainsi qu'avant de descendre au rayon de 100 mètres, on devra examiner si le rayon de 125 ou 130 mètres, qui est bien préférable, ne pourrait pas être adopté.

Il résulte d'une étude faite sur la ligne d'Anvin à Calais, pour la traversée d'une vallée escarpée [1], que, sur une longueur de tracé de 2 490 mètres, une simple diminution de rayon de 150 à 130 mètres a permis de réduire le cube des terrassements de 40 700 ^{m3} à 16 100 ^{m3}; avec le rayon de 100 mètres, le cube serait tombé à 8 100 ^{m3}.

Si, au lieu du matériel rigide ordinaire, on employait des wagons à trains articulés ou à bogies, le rayon des courbes pourrait être sensiblement diminué, même en pleine voie; toutefois, il conviendrait, pour ne pas trop diminuer la vitesse des trains, de s'en tenir au minimum de 60 à 75 mètres.

Il est bon, par analogie avec ce qui se passe dans les tracés des lignes à

1. *Revue générale des Chemins de fer*, 1er semestre 1883. — Note sur l'influence des rayons des courbes sur les dépenses d'exécution des terrassements, par M. Arnoult.

voie normale, de ménager une partie droite d'une certaine longueur entre deux courbes de sens contraire; mais, généralement, on va bien au delà de ce qui est nécessaire à ce point de vue. Une longueur droite de 20 à 25 mètres donne toute satisfaction dans tous les cas, et, dans les tracés un peu difficiles, une longueur de véhicule suffit.

Lignes à voie de 0^{m} 60. — On peut sans inconvénient descendre jusqu'à des rayons de 25 à 30 mètres; mais, ainsi que nous l'avons vu, on augmente ainsi dans d'assez fortes proportions la résistance à la traction. Il vaut mieux, autant que possible, adopter 40 ou 50 mètres comme rayon minimum; la résistance sera beaucoup moindre et la voie bien plus facile à tenir.

Une partie droite égale à une longueur de véhicule sera interposée entre deux courbes de sens contraire.

ÉTUDE DU TRACÉ DES TRAMWAYS OU CHEMINS DE FER SUR ROUTES. — Les principes qui régissent l'étude des tracés de chemins de fer sont les mêmes, quelle que soit l'importance de la ligne : toutefois, il faut placer dans une catégorie spéciale les tramways, que l'on construit maintenant dans des conditions d'extrême économie, en les établissant sur les routes. Voici à cet égard quelques indications empruntées au cours de M. Bricka.

Principes généraux. — Il est rare qu'une ligne puisse, sans inconvénients graves, suivre d'un bout à l'autre une série de routes; il faut qu'en certains points le tracé quitte la route, soit à cause des déclivités trop fortes, soit par suite des rayons trop petits, soit enfin pour éviter de traverser des agglomérations où la largeur est insuffisante. Dans ces divers cas, le tracé entre *en déviation*, c'est-à-dire que la ligne se détache de la route pour suivre une direction qui lui est propre. Le point délicat de l'étude consiste à distinguer nettement la nécessité des déviations : c'est un point fort important, car l'établissement de la ligne est plus ou moins coûteux, suivant que les déviations occupent une portion plus ou moins grande du tracé.

Déclivités. — La première question à examiner est celle des déclivités, car une rampe, modérée pour une route, peut être inadmissible pour un chemin de fer. En général, l'emploi des chemins de fer sur routes conduit à diminuer la charge des trains, ce qui n'a pas d'inconvénient grave, eu égard aux conditions modestes dans lesquelles s'exploitent les tramways : les voyageurs, qui ne font pas de longs parcours, se contentent d'un confort très restreint; quant aux marchandises, en raison de la faible vitesse, elles peuvent être transportées dans un matériel plus léger. Il ne faut pas néanmoins se laisser aller à de trop fortes rampes, car le prix de revient de la traction est alors très élevé, quand on a à remorquer des trains à pleine charge.

On admet aujourd'hui sur les tramways des rampes de 40 mm par mètre; mais, en général, on ne dépasse pas 30 mm, et il vaut mieux, quand on le peut, se tenir au dessous de cette limite.

Courbes. — Il n'y a pas trop d'inconvénient, sur les tramways, à fixer à un chiffre un peu bas le minimum de rayon des courbes, puisqu'on y marche à faible vitesse; dans plusieurs départements, on a adopté pour la voie de 1 mètre des rayons de 50 et même de 40 mètres. Sur le tramway de Pithiviers à Toury, qui est à voie de 0 m 60, le minimum est de 30 mètres.

Allongement de parcours. — Il y a lieu de considérer également que, dans certains cas, l'emprunt des routes sur toute leur longueur créerait un allongement de parcours inadmissible; il y a quelquefois intérêt à les abandonner, tant au point de vue des dépenses de premier établissement, qu'au point de vue des frais de traction futurs. M. Bricka fait remarquer que le prix de la voie sur route est d'environ 15 000 fr. par kilomètre et que, si l'infrastructure ne coûte que 6 000 fr. par kilomètre par exemple, il y aura intérêt à couper en ligne droite, quand on pourra ainsi éviter un allongement de parcours de 40 %.

Emplacement de la voie. — La place naturelle des tramways est sur les accotements; lorsque ceux-ci n'ont pas une largeur suffisante, on peut élargir l'un d'eux, soit aux dépens de la chaussée, soit aux dépens de l'autre accotement. La première solution n'est admissible que si la chaussée est trop large, ce qui est très rare, et, d'ailleurs, elle aurait le défaut de susciter probablement des réclamations de la part des populations intéressées. La seconde solution est admissible, mais coûteuse, car elle entraîne le remaniement complet de la superstructure de la route. Il est souvent plus simple et moins coûteux d'augmenter la largeur de l'accotement emprunté par le tramway, en élargissant la route au moyen de l'acquisition d'une bande de terrain supplémentaire.

Quand on ne peut pas placer la voie sur l'accotement, on est obligé de suivre la chaussée elle-même; alors, si le cahier des charges impose des contre-rails, c'est une augmentation notable de dépense; dans tous les cas, la présence de la voie sur la route est une grande gêne pour la circulation des voitures et pour l'exploitation de la ligne elle-même. Nous reviendrons sur cette question.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que cette solution, mauvaise à ce point de vue, présente des avantages dans certains cas, puisqu'elle permet quelquefois de pénétrer au centre des agglomérations, condition très importante pour les tramways, qui ont l'obligation d'aller chercher le trafic au point même où il peut naître.

Enfin, il y a lieu de mentionner un expédient qui commence à être employé pour permettre aux lignes à voie étroite de franchir les grandes vallées et d'arriver jusqu'aux gares des lignes à voies normales, dans les villes importantes : il consiste à emprunter la voie des grandes lignes.

Dans ce but, on pose à l'intérieur de la voie normale, soit un troisième rail, soit, ce qui est préférable, une voie étroite ayant le même axe. Cette solution est très économique; elle crée pour les deux lignes des sujétions évidemment gênantes; mais il y a des cas où ces sujétions peuvent être justifiées. Cette solution a été adoptée à Nantes, pour faire pénétrer dans la ville, à côté de la gare de l'État, la ligne à voie d'un mètre de Nantes à Légé, et éviter ainsi l'énorme dépense qu'aurait entraînée la construction d'un pont spécial sur un des bras de la Loire. Il est à souhaiter que cette solution se généralise et que les Compagnies concessionnaires des grandes lignes ne fassent pas d'objection à son adoption, toutes les fois qu'elle sera justifiée par l'intérêt général.

CHAPITRE II

PROFIL TRANSVERSAL

---

§ 1er. — Lignes à voie de 1 mètre.

Profil transversal. — Le profil transversal d'une ligne à voie étroite dépend du gabarit que l'on adopte pour le matériel roulant. Sur les chemins de fer de la Corse, la plus grande largeur de ce matériel a été fixée à 2^m 60; les profils en travers types correspondants, adoptés par décision ministérielle, sont représentés par les figures 8, 9 et 10.

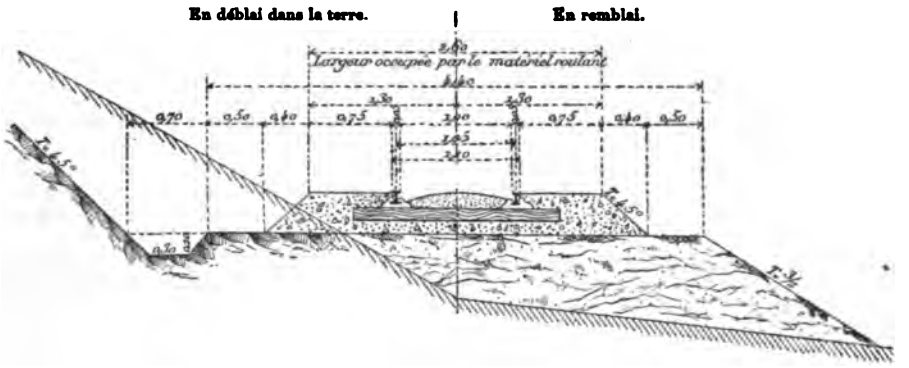


Fig. 8. — Voie de 1 mètre. Profils ordinaires.

Dans les profils ordinaires en déblai et en remblai (fig. 8), la largeur du ballast au niveau des rails est de 2^m 60, dont 1^m 10 pour la voie entre les bords extérieurs des rails et 0^m 75 pour chacun des accotements, extérieurement aux rails. L'épaisseur du ballast est de 0^m 40; ses talus sont réglés à 45° et une banquette de 0^m 50 est réservée de chaque côté, au delà du pied du talus. La largeur de la plateforme est ainsi de 4^m 40.

Les figures 9 et 10, qui se rapportent à des cas spéciaux, tels que profil en déblai de rocher, profil en remblai avec mur de soutènement et profil en souterrain, montrent les dispositions spéciales adoptées dans ces divers cas.

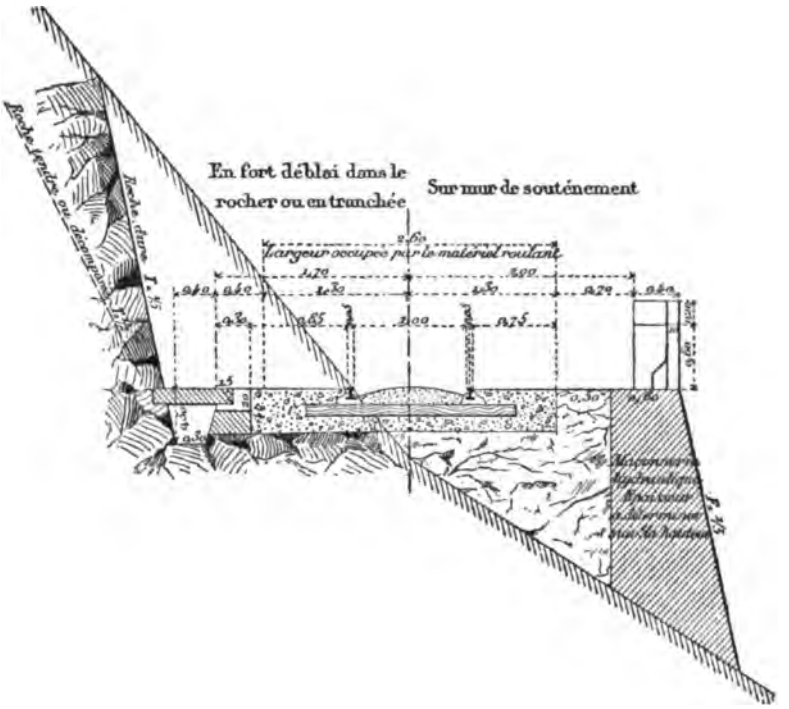


Fig. 9. — Voie de 1 mètre. Profils spéciaux.

Tous les 25 mètres, le parapet en maçonnerie sera remplacé sur 3 mètres de longueur par un garde-corps en fer établi à 0m 10 de la face extérieure du parapet.

La murette soutenant le ballast aura 0m 30 d'épaisseur en couronne. Elle sera construite en maçonnerie de mortier sur 0m 20 à partir du couronnement, et en pierres sèches sur le restant de sa hauteur. Cependant, de 10 mètres en 10 mètres, et sur une largeur de 1 mètre, elle sera maçonnée de haut en bas.

Les fossés seront recouverts, de 25 mètres en 25 mètres, par des dallots en pierres sèches, disposés alternativement à droite et à gauche; le dessus des dalles sera arasé au niveau des rails. Ces dalles auront 2m 50 de longueur.

On peut, sans inconvénient, réduire sur les lignes à voie de 1 mètre la largeur du matériel roulant à 2 mètres, à la condition d'adopter pour ce matériel la forme à couloir central, qui paraît donner toute satisfaction pour les courts trajets; c'est cette dimension qui a été adoptée sur les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher, et l'expérience a montré qu'elle est bien suffisante. Elle conduit à une diminution sensible de la largeur de la plate-forme et, par suite, à une économie notable dans la dépense de l'infrastructure.

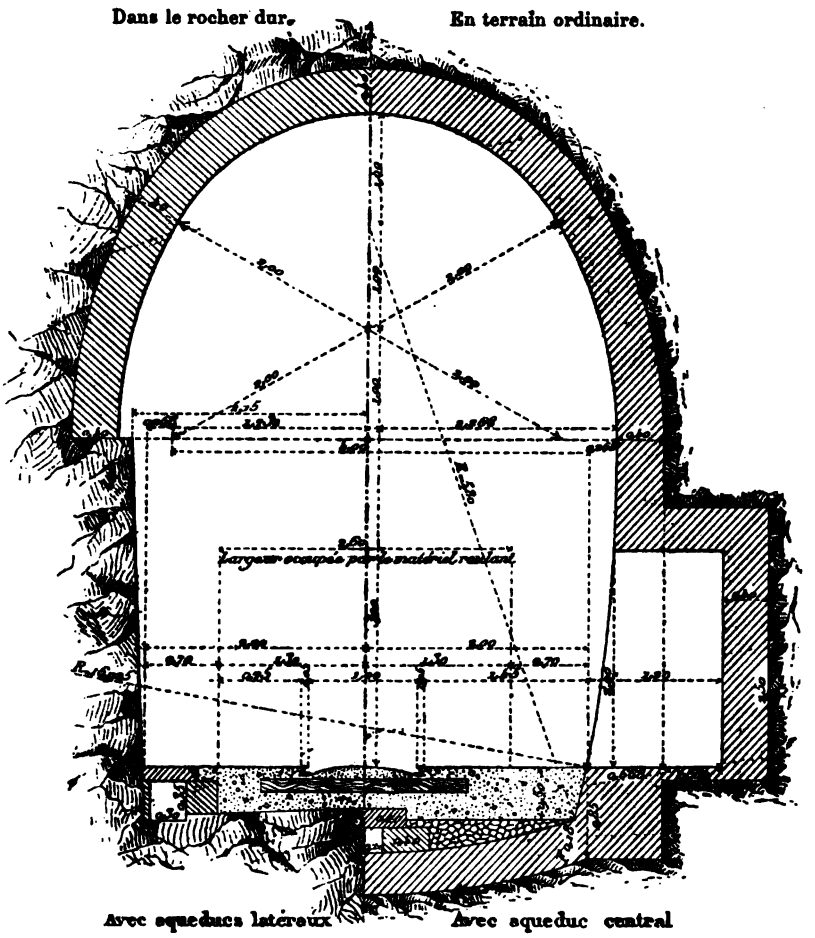


Fig. 10. — Voie de 1 mètre. Profils en souterrain.

Tous les 25 mètres, des niches de 1 m 20 de profondeur, 2 mètres de hauteur et 2 mètres de longueur, seront établies alternativement à droite et à gauche dans l'épaisseur des parois des souterrains.

Nous représentons (fig. 11 à 15) les profils types adoptés en rase campagne et sur route.

La largeur du ballast, égale à celle du matériel roulant, est de 2 mètres; son épaisseur est de 0 m 35 et ses talus s'étendent sur une largeur de 0 m 45. Une banquette de 0 m 45 est ménagée de chaque côté du pied de ce talus, de sorte que la largeur de la plate-forme (fig. 11) est de 3 m 80.

Les figures suivantes montrent les diverses dispositions adoptées lorsque la voie ferrée est placée sur l'accotement des routes et lorsqu'elle se trouve établie dans la traverse des villes et villages. Dans ce dernier cas (fig. 14 et

15), les rails, au lieu de reposer sur une couche de ballast, sont noyés dans la chaussée de manière à ne former (théoriquement au moins) aucune saillie ni dépression et à conserver à peu près le profil normal de la route.

L'expérience a fait reconnaître que la présence de contre-rails, dans les sections où la voie est noyée dans la chaussée, est plutôt nuisible qu'utile;

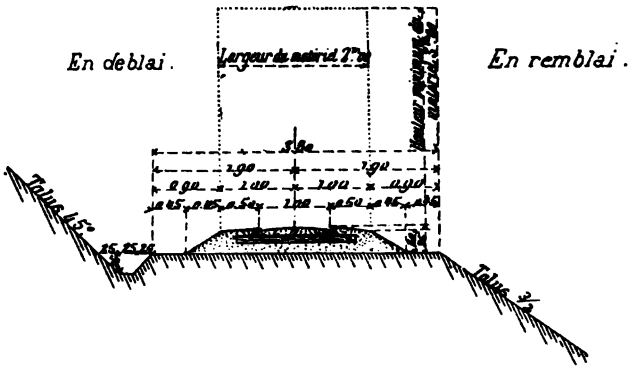


Fig. 11. — Tramways. Profils à travers champs.

NOTA. — Les fossés seront agrandis suivant les besoins.

la première ligne de la Sarthe avait tout d'abord été établie avec des contre-rails qui laissaient un vide de 0 m 029 en alignement droit. Mais ce faible écartement n'était pas suffisant pour assurer le jeu des boîtes à graissage, et il était cependant assez grand pour gêner le passage des voitures légères, dont les roues s'y engagaient souvent. On n'a pas trouvé de meilleur remède à cette situation que la suppression des contre-rails; lorsque les ornières creusées dans l'empierrement par les roues des wagons deviennent trop grandes, on se borne à les boucher avec des cailloux et le passage des trains y reforme peu à peu une ornière longitudinale. Cette situation n'a jamais présenté d'inconvénient grave ni occasionné d'accident; il y a lieu de remarquer d'ailleurs que la vitesse des trains dans les traverses est réduite à 10 kilomètres à l'heure. Il convient toutefois, pour que les voitures n'éprouvent pas de trop grands soubresauts en traversant la ligne, que l'entretien de la chaussée dans l'intérieur de la voie soit fait avec beaucoup de soin, et que les ornières longitudinales creusées par les boudins des roues, le long des rails, ne soient pas trop profondes.

En somme, la suppression des contre-rails a eu lieu à la satisfaction de tout le monde; elle paraît de nature à être appliquée dans tous les cas analogues. Cette mesure a même été étendue aux passages à niveau, ainsi que cela se fait en Allemagne, et l'expérience n'a fait reconnaître aucun inconvénient à cette mesure.

L'installation des voies ferrées dans la traverse des villes un peu importantes soulève une question assez délicate, ainsi que nous l'avons déjà fait

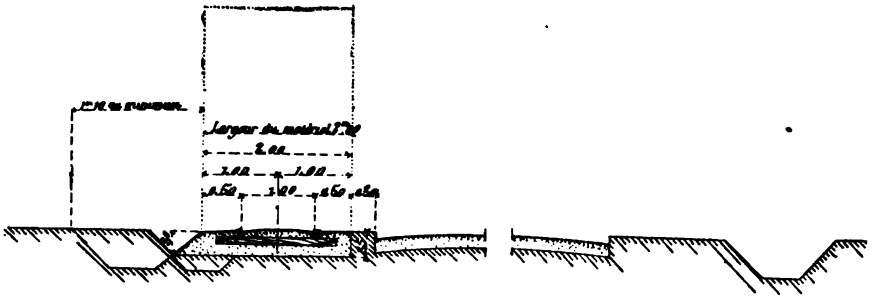


Fig. 12. — Tramways. Profil sur accotement de route ou chemin. Sans élargissement.

Largeur à réserver pour la circulation des voitures.	6m 00	pour route nationale.
	5m 60	— route départementale.
	5m 00	— chemin de grande communication.
	4m 50	— chemin d'intérêt commun.
	4m 00	— chemin vicinal ordinaire ou rural.

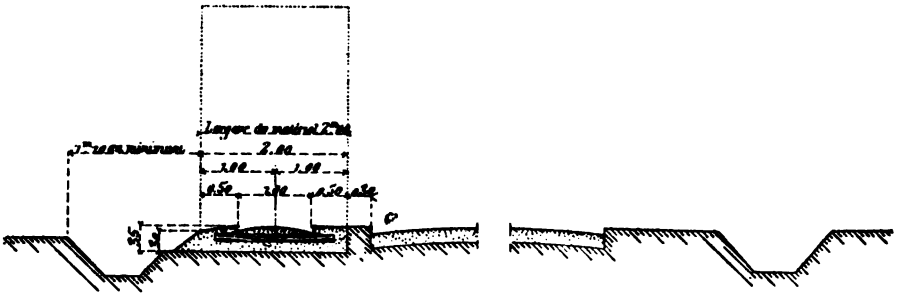


Fig. 13. — Tramways. Profil sur accotement de route ou chemin. Avec élargissement.

remarquer. On voit, d'après les profils 14 et 15, que la voie peut être établie soit sur le côté de la chaussée, au bord du trottoir, soit dans l'axe de la route.

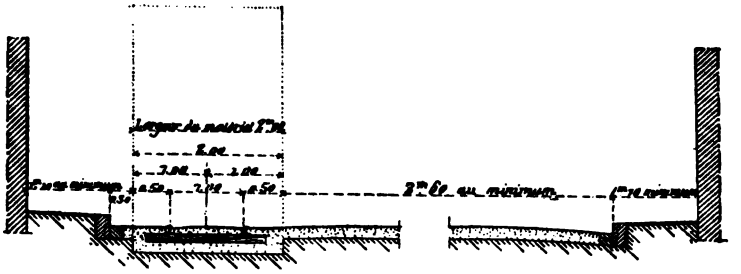


Fig. 14. — Tramways. Profil dans les traverses, en supprimant le stationnement d'un côté.

La première solution n'est pas sans inconvénient, puisqu'elle supprime le stationnement des voitures ordinaires sur le côté de la route occupé par le

tramway; la seconde n'a pas cet inconvénient, mais elle en a un autre, au moins aussi grave, sur les routes dont la largeur n'est pas assez grande pour réserver, de chaque côté de la zone de 2 mètres occupée par le matériel roulant, l'espace nécessaire au croisement de deux voitures. L'expérience faite depuis plusieurs années à Blois, où la ligne est établie dans l'axe de la route nationale n° 156 dans la traverse de cette ville, nous a amené à reconnaître que cette solution est en général défectueuse et doit être écartée.

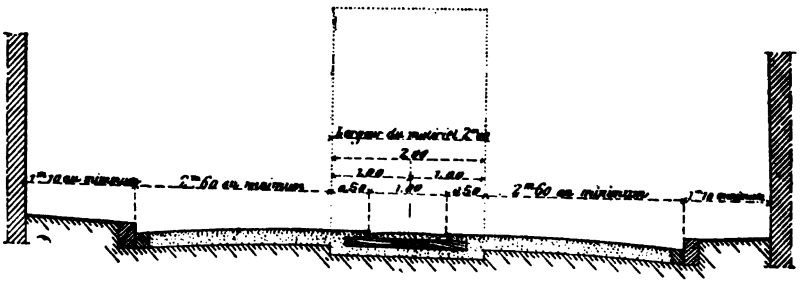


Fig. 15. — Tramways. Profil dans les traverses, en réservant le stationnement de chaque côté.

D'une part, les deux zones qui restent de part et d'autre de la voie sont extrêmement difficiles à entretenir, quand la route est un peu fréquentée, à cause des ornières qui s'y forment infailliblement; les voitures suivent en effet toujours la même piste sur chacune de ces deux zones, de sorte que la présence de la voie ferrée divise en réalité la route en deux parties de 3 à 4 mètres de largeur où les voitures ne peuvent pas se croiser et où les ornières sont inévitables. D'autre part, au point de vue de la sécurité, la voie placée au milieu de la route a également des inconvénients; si, au passage d'un train, un cheval est effrayé, la largeur dans laquelle il peut évoluer, entre la saillie du matériel roulant et la bordure du trottoir, est de 3 mètres environ; c'est tout à fait insuffisant. Il n'y a, suivant nous, qu'un remède à cette situation, c'est de placer la voie du tramway sur l'un des trottoirs de la route, après l'avoir préalablement élargi. En établissant la voie de manière que l'un des rails soit à 2 mètres des constructions et l'autre à 1 mètre de la bordure de trottoir déplacée, on arrive à ce double résultat : 1° de laisser à la circulation des voitures ordinaires une largeur de chaussée beaucoup plus grande, suffisante généralement pour le croisement de 2 ou de 3 voitures, facile, par conséquent, à entretenir, et offrant plus d'espace pour l'évolution des chevaux que le passage des trains pourrait effrayer; 2° de réserver aux piétons une largeur de trottoir bien suffisante, en général, puisqu'elle serait de 2 mètres entre les constructions et la voie. D'ailleurs, les rails étant noyés dans le trottoir, sans saillie ni dépression à sa surface,

la présence de la voie n'empêcherait pas les piétons d'y circuler, à peu près comme si elle n'existait pas.

Cette solution, en outre, ne supprime pas le stationnement des voitures le long du trottoir sur lequel est établie la voie; elle peut simplement le gêner au moment du passage des trains, c'est-à-dire six fois par jour, à des heures régulières et connues du public. C'est là un inconvénient bien minime, comparé à ceux que présentent les deux solutions précédentes.

Remarquons, en terminant ce qui concerne l'établissement de la plate-forme des tramways sur l'accotement des routes, l'inutilité absolue qu'il y a à exiger que, du côté de la chaussée, le talus du ballast soit remplacé par une bordure *en pierre*. On l'a fait dans certains cas, notamment sur la ligne de Beaune à Arnay-le-Duc, où cette prescription a entraîné une dépense inutile de 3 500 francs par kilomètre environ; il est très important de renoncer à cette interprétation trop sévère de l'article 7 du cahier des charges type des tramways. Cet article prescrit l'installation d'*une bordure d'une solidité suffisante* de $0^m 12$ de saillie au moins; en fait, une bordure en terre gazonnée, qui s'obtient simplement en découpant dans l'accotement de la route l'encaissement destiné à recevoir le ballast, est très suffisante, et la pose d'une bordure en pierres entraînerait presque toujours une dépense très élevée, qui augmenterait inutilement le capital d'établissement de la ligne.

C'est une simple bordure en gazon qui existe sur les tramways de Loir-et-Cher et l'expérience a prouvé qu'elle suffit très bien. Lorsqu'on établit des lignes de chemins de fer qui doivent être construites économiquement, il convient de supprimer toute dépense inutile et celle d'une bordure en pierre l'est assurément.

Par contre, ce qui est très utile, tant au point de vue du bon entretien des routes qu'à celui de l'assèchement de la voie, c'est d'établir, de distance en distance, dans l'accotement emprunté par la ligne, des barbacanes destinées à assurer l'écoulement des eaux. On peut les faire de différentes manières, mais la plus économique et la meilleure consiste à ménager entre deux traverses une petite rigole à laquelle on donne $0^m 15$ à $0^m 20$ de largeur, et dont on garnit les bords avec un peu de gazon. Il convient que ces barbacanes soient toujours bien nettoyées, pour que les eaux s'écoulent parfaitement.

§ II. — Lignes à voie de $0^m 60$.

Si l'on avait à établir une ligne à voie de $0^m 60$ dans des conditions de solidité et de résistance analogues à celles de la voie de 1 mètre, le profil-type à adopter serait celui que nous avons représenté sur la figure 7, mais

en augmentant un peu la cote de largeur du matériel roulant. La largeur de 1 m 50, indiquée sur cette figure, serait en effet insuffisante pour une exploitation commode. L'expérience a démontré qu'on peut l'augmenter sensiblement sans nuire à la stabilité du matériel, à la condition de n'avoir pas à transporter de bestiaux, ni de marchandises lourdes susceptibles de se déplacer.

Ainsi, la largeur des caisses de voitures à voyageurs est de 1 m 766 au Festiniog, de 1 m 80 sur la ligne du Darjeeling; elle était de 1 m 80 au chemin de fer de l'Exposition de 1889. Sur les omnibus fermés et à couloir central circulant sur les lignes militaires, elle est de 1 m 85; dans les voitures fermées de voyageurs et les wagons du type Decauville (sur bogies), elle est de 1 m 70, ce qui est suffisant pour des banquettes contenant 3 places.

En ce qui concerne les locomotives, la largeur est encore plus grande; elle varie entre 1 m 90 et 2 m 10 environ; cette dernière cote n'est réalisée que sur les machines du type Péchot-Bourdon, où l'on a donné un peu plus de largeur afin de pouvoir augmenter l'espace disponible pour le personnel de la machine, sans modifier les organes essentiels, d'où dépend surtout la stabilité.

Quoi qu'il en soit, nous admettrons comme largeur moyenne du matériel la cote de 1 m 80.

En ce qui concerne la détermination du profil-type, nous supposerons qu'on adopte la voie Decauville, avec traverses métalliques et une épaisseur de ballast réduite au minimum, soit à 0 m 15 ou 0 m 20. Dans ces conditions, la traverse ayant 1 m 10 de longueur, et le ballast dépassant de chaque côté de 0 m 30 environ, pour empêcher le déplacement de la voie, on obtient les deux profils en déblai et en remblai représentés par les figures 16 et 17.

La largeur de la plate-forme proprement dite est de 3 mètres, ainsi répartis :

Largeur de la voie (mesurée à l'intérieur).....	0 m 60
2 banquettes de ballast de 0 m 60, y compris les champignons des rails.....	1 m 20
2 talus de ballast de 0 m 20.....	0 m 40
2 banquettes de 0 m 40.....	0 m 80
TOTAL ÉGAL.....	3 m 00

En ajoutant 2 fossés de 0 m 60 en gueule, on obtient une largeur totale d'environ 4 m 20 en terrain plat. Elle s'augmente naturellement suivant l'importance des talus de déblai ou de remblai.

Quant aux profils-types de la voie de 0 m 60, dans les cas où la ligne emprunte un accotement de route ou passe dans une traverse, nous n'avons

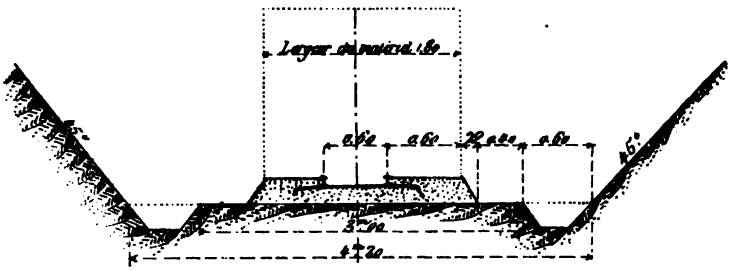


Fig. 16. — Voie de 0 m 60. Profil transversal en déblai.

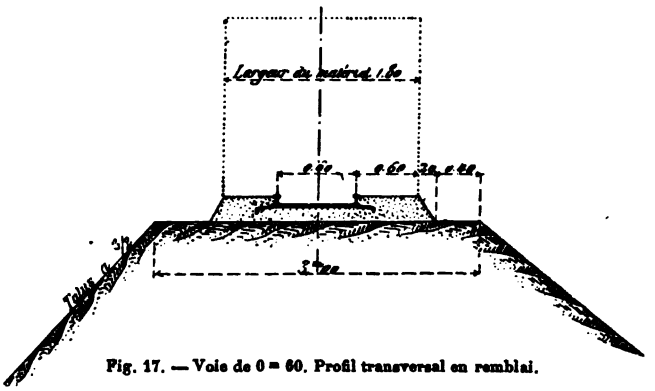


Fig. 17. — Voie de 0 m 60. Profil transversal en remblai.

pas besoin de les reproduire : ils se déduisent très facilement de ceux des figures 12, 13, 14 et 15 relatives à la voie d'un mètre, à la seule condition de remplacer les dispositions de la plate-forme de la voie d'un mètre par celles de la voie de 0 m 60.

CHAPITRE III

TERRASSEMENTS ET OUVRAGES D'ART. — CLOTURES ET BORNAGE. DÉPENSES DE L'INFRASTRUCTURE

Terrassements et ouvrages d'art. — Possibilité de l'emploi des ponts suspendus. — Nouveau règlement pour le calcul des ponts métalliques. — Clôtures et bornage. — Dépenses de l'infrastructure. Lignes à voie d'un mètre, tramways, lignes à voie de 0 m 60.

Terrassements et ouvrages d'art. — Il n'y a pas de principes spéciaux à faire connaître en ce qui concerne l'exécution des terrassements et des ouvrages d'art sur les lignes à voie étroite ; il faut cependant faire remarquer que les dispositions de ces derniers doivent être étudiées avec la plus stricte économie et en évitant toute dépense de luxe qui, admissible sur une grande ligne, serait inacceptable sur un chemin de fer qui doit être avant tout économique.

Les barrières des passages à niveau seront, en général, supprimées, ce qui dispensera en même temps d'y établir des maisons de garde. La suppression des barrières, autorisée sur les lignes d'intérêt général par la loi du 27 décembre 1880, peut être admise à plus forte raison sur les petites lignes à voie étroite, sauf dans des cas tout à fait exceptionnels.

En ce qui concerne les ouvrages d'art, nous devons signaler la possibilité sur les petites lignes de l'emploi d'une solution à la fois élégante et économique pour la traversée des cours d'eau, lorsque les fondations en pleine rivière présentent de notables difficultés ; cette solution est celle du pont suspendu *métallique, rigide et à pièces amovibles*, tels qu'il résulte des perfectionnements les plus récents apportés dans sa construction en France, perfectionnements dont une large part appartient à M. Arnodin, ingénieur, constructeur spécial de ponts suspendus.

Ce genre d'ouvrages, qui avait été presque abandonné à la suite des accidents auxquels ils avaient donné lieu à l'origine, a repris faveur depuis

quelques années en France, à la suite des progrès réalisés dans leur mode de construction, progrès dont l'idée première appartient aux Américains et qui ont été poursuivis en France de manière à leur assurer, en même temps que la légèreté qui constitue leur principal avantage économique, une grande rigidité et une durée presque indéfinie, par suite de l'application du principe de l'amovibilité, qui permet le remplacement successif de toutes les pièces, sans interrompre ni gêner la circulation.

Le premier pont suspendu construit en France, avec les perfectionnements modernes, est celui de Saint-Ilpize, sur l'Allier, qui est dû à l'initiative de M. Jollois et dont M. Nicou, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a rendu compte dans les *Annales* d'octobre 1885.

Les améliorations les plus importantes réalisées dans la construction des ponts suspendus modernes consistent dans l'emploi de haubans ou câbles obliques de rigidité, qui augmentent d'une manière remarquable la stabilité des ouvrages et suppriment presque complètement leurs oscillations, la confection des câbles au moyen de fils tordus, dont la solidité est bien supérieure à celle des câbles en fils parallèles, l'adoption de garde-corps formant de véritables poutres, capables de contribuer à la résistance du tablier, l'indépendance et l'amovibilité des différentes pièces de l'ouvrage, qui permettent d'en effectuer le remplacement sans aucune gêne pour la circulation, etc.

L'adoption de ces différents perfectionnements a rendu les ponts suspendus pour routes à peu près aussi satisfaisants au point de vue de la solidité que les ponts fixes en métal, tout en leur conservant la grande supériorité qu'ils présentent au point de vue de la dépense ; la solution du pont suspendu est donc, dans bien des cas, la seule possible sur les routes établies en pays de montagne.

Il ne paraît pas y avoir de raison pour que cette solution ne soit pas également adoptée pour les chemins de fer à voie étroite, comme elle l'a été avec succès en Amérique. Les ponts suspendus modernes établis en France sont en état de supporter des voitures chargées de 11 tonnes ; il ne leur faudrait donc pas un grand supplément de force pour résister au passage de locomotives du poids de 15 à 16 tonnes, dont l'emploi est suffisant pour desservir, dans beaucoup de cas, les petites lignes à voie de 1 mètre et de 0^{m} 60, et particulièrement les tramways.

L'essai n'en a pas encore été fait en France ; on y viendra probablement un jour par raison d'économie, comme on est venu aux ponts métalliques ordinaires pour remplacer les ponts en maçonnerie, lorsque l'établissement de ces derniers nécessite une dépense trop élevée. Quoi qu'il en soit, nous avons cru devoir signaler ici la possibilité de l'emploi des ponts suspendus

sur les lignes à voie étroite, en raison de l'économie importante qu'ils permettent de réaliser[1].

Nous devons signaler également, en ce qui concerne les ponts métalliques, le nouveau règlement ministériel du 29 août 1891 remplaçant celui du 9 juillet 1877 au sujet des épreuves à faire subir à ces ouvrages avant leur mise en service.

En raison des changements importants qui se sont produits depuis 1877 dans l'art des constructions métalliques et notamment par suite de l'emploi de plus en plus fréquent de l'acier pour la constitution des ponts de grande ouverture, il a paru nécessaire d'apporter à la règlementation ancienne certaines modifications. D'ailleurs, le règlement de 1877 ne faisait pas mention explicitement des largeurs de voies inférieures à la voie normale; il y avait là une lacune qu'il importait de combler. En outre, une circulaire du 29 août 1891 prescrit pour l'entretien de ce genre d'ouvrages un certain nombre de mesures très importantes, destinées à en assurer la conservation.

D'après cette circulaire, qui s'applique à tous les ponts métalliques, qu'ils soient situés sur des lignes à voie large ou sur des lignes à voie étroite, l'entretien et la surveillance de ces ouvrages doit être l'objet de soins incessants et toute avarie doit être réparée sans délai. Notamment, la peinture doit être refaite aussi souvent qu'il est nécessaire pour préserver les pièces de la rouille.

En outre, il doit être procédé :

1° Tous les ans, à une visite générale de l'ouvrage portant principalement sur l'état de la rivure ;

2° Tous les cinq ans, au moins, et, en tout cas, chaque fois qu'on refera la peinture, à une inspection détaillée et à une vérification des flèches permanentes. Dans ces inspections, on vérifiera l'état des pièces, le serrage des boulons et des rivets, le jeu des appareils de dilatation et l'état des maçonneries qui les supportent, enfin, pour les ponts à travées solidaires, le nivellement des appuis. Pour les ponts dont l'ouverture ne dépasse pas 10 mètres, mais pour ceux là seuls, la vérification des flèches permanentes peut être supprimée.

Ces excellentes mesures sont destinées à augmenter la sécurité de la circulation, en permettant de se rendre fréquemment compte de l'état dans

1. Un projet d'établissement de ponts suspendus a été présenté en 1889 par M. Arnodin, à l'appui d'une demande en concession d'un tramway à vapeur, à voie de 1 mètre, dans le département de Vaucluse, du *Buis-les-Baronnies* à *Orange*. La concession n'a pas été accordée, pour des considérations étrangères aux dispositions des projets dont il s'agit. Le poids admis pour les locomotives était de 15200 kilogr. ; l'ouverture des ponts était de 60 mètres.

lequel se trouvent les ponts métalliques et de porter remède immédiatement à toute dégradation capable de compromettre la solidité de l'ouvrage.

En outre, et dans un délai de cinq ans, les calculs de résistance de tous les ponts métalliques doivent être refaits par les Compagnies concessionnaires de lignes de chemins de fer, dans le but d'apprécier si les efforts supportés par le métal, sous l'influence des surcharges prévues par le règlement du 29 août 1891, n'atteignent nulle part une limite dangereuse.

Nous reproduisons plus loin la partie de ce règlement qui est relative aux ponts pour chemins de fer, en faisant remarquer que ses dispositions s'appliquent aux voies étroites aussi bien qu'à la voie normale, sauf les modifications particulières dont il est parlé dans les articles 13 et 14.

RÈGLEMENT DU 29 AOUT 1891

CHAPITRE PREMIER

PONTS SUPPORTANT DES VOIES DE FER

I. *Voies de largeur normale*

ARTICLE PREMIER

Conditions à remplir.

Les ponts à travées métalliques, qui portent des voies de fer de largeur normale, devront être en état de livrer passage aux trains autorisés à circuler sur le réseau auquel ils appartiennent et, en outre, au train-type défini à l'article 4 ci-dessous.

ART. 2.

Limites du travail du métal.

Les dimensions des différentes pièces des ponts seront calculées de telle sorte que, dans la position la plus défavorable des trains désignés à l'article premier et en tenant compte de la charge permanente, ainsi que des efforts accessoires, tels que ceux qui peuvent être produits par les variations de température, le travail[1] du métal par millimètre carré de section nette, c'est-à-dire, déduction faite des trous de rivets ou de boulons, ne dépasse pas les limites indiquées ci-dessous.

1. Le mot « travail » est entendu ici non dans son sens scientifique, mais dans le sens d'effort imposé au métal par unité de surface, qui lui est donné dans la pratique des constructions.

I. Pour la fonte supportant un effort d'extension directe..... 1 k. 50.

Pour la fonte travaillant à l'extension dans des pièces soumises à des efforts tendant à les faire fléchir..... 2 k. 50.

Pour la fonte supportant un effort de compression..... 6 k. 00.

II. Pour le fer et l'acier travaillant à l'extension, à la compression ou à la flexion, les limites exprimées en kilogrammes par millimètre carré de section seront fixées aux valeurs suivantes :

Pour le fer..... 6 k. 50.

Pour l'acier..... 8 k. 50.

Toutefois ces limites seront abaissées respectivement :

A 5 kilogr. 50 pour le fer et à 7 kilogr. 50 pour l'acier dans les pièces de pont, longerons et entretoises sous rails;

A 4 kilogr. pour le fer et à 6 kilogr. pour l'acier, pour les barres de treillis et autres pièces exposées à des efforts alternatifs d'extension et de compression; ces dernières limites pourront néanmoins être rapprochées des précédentes pour les pièces qui seront soumises à de faibles variations de ces efforts.

Dans l'établissement du projet des ouvrages métalliques d'une ouverture supérieure à 30 mètres, les ingénieurs pourront appliquer au calcul des fermes principales des limites supérieures à celles qui ont été fixées plus haut, sans jamais dépasser :

Pour le fer..... 8 k. 50.

Pour l'acier..... 11 k. 50.

Ils devront justifier, dans chaque cas particulier, les diverses limites dont ils auront cru devoir faire usage.

Lorsque des fers laminés dans un seul sens seront soumis à des efforts de traction perpendiculaires au sens du laminage, les coefficients seront réduits d'un tiers dans les calculs relatifs à ces efforts.

Les coefficients concernant l'acier ne subiront pas cette réduction.

On appliquera aux efforts de cisaillement et de glissement longitudinal les mêmes limites qu'aux efforts d'extension et de compression, mais en leur faisant subir une réduction d'un cinquième, étant entendu que les pièces auront les dimensions nécessaires pour résister au voilement; pour le fer laminé dans un seul sens, on fera subir à ces coefficients une réduction d'un tiers, lorsque l'effort tendra à séparer les fibres métalliques.

Le nombre et les dimensions des rivets seront calculés de telle sorte que le travail de cisaillement du métal ne dépasse pas les quatre cinquièmes de la limite qui aura été admise pour la plus faible des pièces à assembler et que le travail d'arrachement des têtes, s'il s'en produit, ne dépasse pas 3 kilogr. par millimètre carré en sus de l'effort résultant du serrage.

III. Les calculs justificatifs de la rivure seront toujours fournis à l'appui des projets en même temps que les calculs des dimensions des diverses pièces.

Il en sera de même des calculs des assemblages par boulons dans les ponts en fonte.

ART. 3.

Qualités du fer et de l'acier auxquelles correspondent les limites de travail du métal fixées par l'article 2.

Les coefficients de travail du métal fixés ci-dessus pour le fer et l'acier correspondent aux qualités définies par les conditions suivantes :

DÉSIGNATION	ALLONGEMENT MINIMUM DE RUPTURE mesuré sur des éprouvettes de 200 m/m de longueur	RÉSISTANCE MINIMUM A LA TRACTION par m/m q. mesurée sur des éprouvettes de 200 m/m de longueur
Fer laminé. Fer profilé et plat (dans le sens du laminage)	8 p. °/o	32 k.
Fer laminé. Tôle dans le sens du laminage	8 p. °/o	32
Fer laminé. Tôle dans le sens perpendiculaire au laminage	3, 5 p. °/o	28
Acier laminé	22 p. °/o	42
Rivets en fer	16 p. °/o	36
Rivets en acier	28 p. °/o	38

Les cahiers des charges fixeront pour l'acier le minimum et le maximum entre lesquels devra être compris le rapport de la limite pratique d'élasticité à la résistance à la rupture. Le minimum ne devra pas être inférieur à un demi et le maximum ne devra pas dépasser deux tiers.

Des coefficients de travail plus élevés pourront être autorisés par l'Administration pour des métaux de qualités différentes, si des justifications suffisantes sont produites.

On ne tolèrera dans aucun cas l'emploi d'aciers fragiles et l'on s'assurera fréquemment, pendant la construction, de la qualité du métal à ce point de vue, au moyen d'essais de trempe et d'expériences faites en pliant des barres percées de trous au poinçon. Les cahiers des charges devront renfermer des prescriptions détaillées à cet égard, sans préjudice des autres conditions relatives aux qualités du métal.

Dans tous les cas, lorsqu'on emploiera l'acier, les trous des rivets seront forés ou alésés après le perçage sur une épaisseur d'au moins un millimètre et les bords des pièces coupées à la cisaille seront affranchis sur la même épaisseur.

ART. 4.

Composition du train-type.

Les auteurs des projets de travées métalliques devront justifier par des calculs suffisamment détaillés qu'ils ont satisfait aux prescriptions des articles 1, 2 et 3 qui précèdent.

En ce qui concerne les fermes longitudinales, ils seront tenus d'examiner l'hypothèse du passage, sur chaque voie, du train-type défini ci-dessous.

Le train-type se composera de deux machines à quatre essieux, de leurs tenders et de wagons chargés. Les poids et dimensions des machines, tenders et wagons chargés sont donnés par le tableau et la figure ci-après :

DÉSIGNATION.	MACHINE.	TENDER.	WAGON CHARGÉ.
Nombre d'essieux	4	2	2
Charge par essieu	14t	12t	8t
Distance du tampon d'avant au premier essieu	2m60	2m00	1m50
Ecartement des essieux entre eux	1m20	2m50	3m00
Distance du dernier essieu au tampon d'arrière	2m60	2m00	1m50
Poids total	56t	24t	16t
Longueur totale	8m80	6m50	6m00

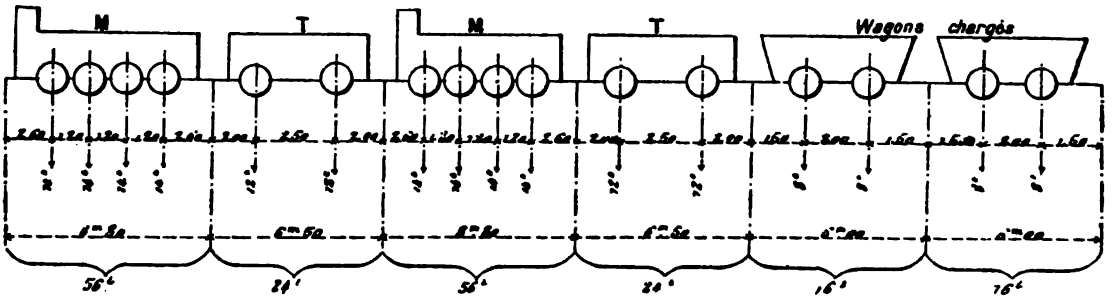


Fig. 18.

Les machines, avec leurs tenders, seront placées toutes deux en tête du train.

L'ensemble du train sera supposé occuper successivement différentes positions le long de la portée, et ces positions seront choisies de manière à réaliser en chaque point les plus grands efforts tranchants et fléchissants que le passage du train-type puisse déterminer.

Les dimensions des pièces qui ne font pas partie des fermes longitudinales et notamment celles des pièces de pont seront calculées d'après les plus grands efforts qu'elles pourront avoir à supporter, soit dans l'hypothèse du passage du train-type, soit dans l'hypothèse du passage d'un essieu isolé pesant 20 tonnes, si cette dernière réalise les plus grands efforts.

ART. 5.

Pression du vent.

Le travail du métal sous l'influence des plus grands vents ne devra pas dépasser de plus de un kilogr. les limites fixées à l'article 2 ci-dessus.

On admettra que la pression du vent par mètre carré de surface verticale peut s'élever à 270 kilogr., mais que le passage des trains est interrompu lorsqu'elle atteint 170 kilogr. On supposera, en outre, que cette pression s'exerce sur la surface nette, déduction faite des vides, de chacune des maîtresses-poutres, qu'elle agit intégralement sur l'une d'elles et que, sur la suivante, elle est diminuée d'une

fraction de sa valeur égale au rapport de la surface nette de la première à la surface totale limitée par son contour; enfin, que l'effet du vent, en arrière de ces deux poutres, est négligeable. Pour les piles métalliques, on supposera que la pression s'exerce intégralement sur la surface nette de toutes les pièces.

Dans l'hypothèse d'un train placé sur le pont, on comptera, pour sa surface verticale nette, un rectangle de 3 mètres de hauteur ayant la même longueur que le pont et dont le côté inférieur sera placé à 50 centimètres au dessus du rail; on déduira de ce rectangle la surface nette de la partie de la première poutre placée en avant et l'on supposera que la pression du vent est nulle sur la partie de la seconde poutre masquée par le train.

Enfin, on s'assurera que les efforts de glissement transversal et de renversement des tabliers et des piles métalliques sous l'action du vent n'atteignent pas des limites dangereuses, en tenant compte des conditions spéciales dans lesquelles pourront être placés les ouvrages et en supposant que le train défini ci-dessus est composé de wagons vides.

ART. 6.

Pièces travaillant à la compression.

On s'assurera, autant que possible, que les pièces travaillant à la compression, soit d'une manière continue, soit d'une manière intermittente, ne sont pas exposées à flamber.

ART. 7.

Calcul des flèches.

On fournira, à l'appui des projets, le calcul des flèches sous l'action de la charge permanente et sous l'action de la surcharge.

ART. 8.

Calcul des efforts pendant le lançage.

Lorsque la mise en place du tablier devra être faite au moyen d'un lançage, on devra justifier que le travail du métal pendant cette opération n'atteindra dans aucune pièce une limite dangereuse.

ART. 9.

Chaque travée métallique sera soumise à deux natures d'épreuves, l'une par poids mort, l'autre par poids roulant.

§ I. — COMPOSITION DES TRAINS D'ÉPREUVES

Epreuves. — Poids.

Ces épreuves seront faites au moyen de trains composés de deux machines attelées en tête et de wagons chargés.

Les poids des éléments de ces trains se rapprocheront autant que possible de ceux du train-type défini à l'article 4.

En tout cas ils devront être au moins égaux aux plus forts poids des éléments similaires appelés à circuler sur la voie considérée.

Longueurs.

Les longueurs de ces trains seront fixées comme suit :

Pour les ponts à travées indépendantes, la longueur mesurée entre les deux essieux extrêmes sera au moins égale à la plus grande portée.

Pour les ponts à travées solidaires, la longueur mesurée comme ci-dessus, devra être suffisante pour couvrir les deux plus grandes travées consécutives.

§ II. — PONTS A UNE SEULE VOIE OU A VOIES INDÉPENDANTES

Epreuve par poids mort.

Pour l'épreuve par poids mort, le train d'essai sera placé successivement dans les positions qui produiront les plus grands efforts sur les pièces principales du pont.

Il suffira toutefois, en général, d'opérer de la manière suivante :

a) *Pour les ponts à travées indépendantes, le train d'essai sera amené successivement sur chaque travée de manière à la couvrir complètement, puis à en couvrir une moitié seulement, les machines étant placées en tête du train.*

Il séjournera dans chacune de ces positions au moins pendant une demi-heure.

b) *Pour les ponts à travées solidaires, chaque travée sera d'abord chargée isolément comme il vient d'être dit. A cet effet, le train d'essai sera coupé à la longueur voulue. Ensuite on chargera simultanément les deux travées contiguës à chaque pile, à l'exclusion de toutes les autres, au moyen du train d'essai tout entier.*

c) *Pour les ponts en arcs, on chargera d'abord toute la longuenr de la portée, puis chaque moitié seulement et enfin la partie médiane en y plaçant les deux locomotives nez à nez lorsque faire se pourra et réduisant la composition du train à ces deux locomotives.*

Épreuve par poids roulant.

Les épreuves par poids roulant seront au nombre de deux. Elles seront faites au moyen des mêmes trains qu'on fera circuler sur le pont, d'abord à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, puis à celle de 40 kilomètres à l'heure. Toutefois, l'épreuve à la vitesse de 40 kilomètres pourra être ajournée jusqu'à l'époque où la voie aux abords du pont sera suffisamment consolidée.

§ III. — PONTS A VOIES SOLIDAIRES

Pour les ponts à deux voies solidaires entre elles, l'épreuve par poids mort se fera d'abord sur chaque voie séparément, comme il a été dit au paragraphe précédent, l'autre voie restant libre, puis sur les deux voies simultanément. Il en sera de même pour l'épreuve par poids roulant. L'épreuve simultanée des deux voies se fera dans ce cas au moyen de deux trains marchant dans le même sens aux vitesses fixées ci-dessus.

§ IV. — PONTS DE TYPES EXCEPTIONNELS

Pour les ponts d'un type exceptionnel, les dispositions des épreuves devront être réglées dans un article spécial du cahier des charges.

A défaut, elles seront arrêtées par l'administration supérieure, sur la proposition des ingénieurs chargés du contrôle de la construction, le concessionnaire ou entrepreneur entendu.

§ V. — MESURE DES FLÈCHES

Visite. — Repères.

On mesurera, au moment des épreuves, la flèche maximum au milieu de chaque travée, sous l'influence d'abord de la charge immobile, puis de la surcharge en mouvement.

Lorsque, sur une même ligne, il se trouvera plusieurs ponts, de construction identique, dont l'ouverture ne dépassera pas 10 mètres, la mesure des flèches pourra n'être faite que pour l'un d'eux.

Immédiatement après les épreuves de chaque pont, la partie métallique sera visitée dans tous ses détails.

En outre, pour les ponts d'une ouverture supérieure à 10 mètres, les niveaux des points les plus bas des sections des poutres ou des arcs, au milieu de chaque travée et à ses extrémités, seront repérés avant les épreuves à deux points fixes choisis de manière à permettre de constater, après l'enlèvement de la surcharge, et ensuite à une époque quelconque, les déformations qui se seraient produites; on repérera, par rapport aux mêmes points, le dessus de chacun des appuis. Le procès-verbal des épreuves contiendra les renseignements nécessaires pour permettre de retrouver ultérieurement ces repères.

ART. 10.

Dispositions à prendre pour faciliter la visite et l'entretien.

On s'attachera à rendre faciles la visite, la peinture et la réparation des parties métalliques, et l'on fera connaître, dans les mémoires à l'appui des projets, les mesures prises à cet effet.

ART. 11.

Distance au rail le plus voisin des pièces les plus rapprochées de la voie.

Les pièces les plus rapprochées de la voie ne pourront, à partir de cinquante centimètres jusqu'à quatre mètres cinq centimètres de hauteur au dessus du rail le plus voisin, être placées à moins de un mètre cinquante centimètres de l'axe de ce rail. Les pièces placées à une distance moindre ne pourront, à la partie inférieure, *jusqu'à quatre-vingts centimètres de l'axe du rail le plus voisin, faire saillie sur le niveau de ce rail et, à partir de quatre-vingts centimètres du même axe, dépasser une ligne brisée composée : 1° d'une verticale de vingt-cinq centimètres de hauteur; 2° d'une horizontale de trois cent vingt-cinq millimètres de longueur; 3° d'une ligne inclinée à trois de base pour deux de hauteur; à la partie supérieure, les mêmes pièces devront rester au dessus d'une ligne s'abaissant*

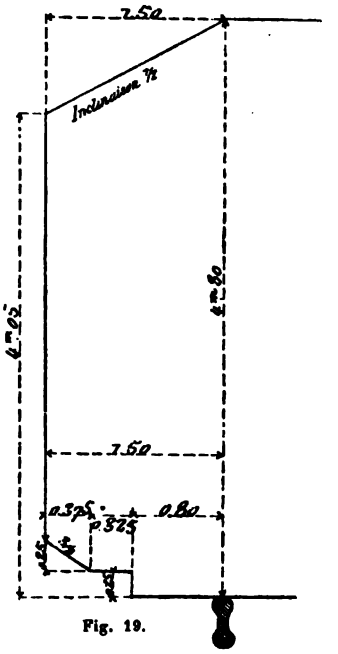


Fig. 19.

avec une inclinaison de deux de base pour un de hauteur, à partir d'un point pris à l'aplomb de l'axe du rail le plus voisin et à quatre mètres quatre-vingts centimètres au dessus de ce rail. Aucune pièce placée au dessus des voies ou entrevoies ne pourra être à moins de quatre mètres quatre-vingts centimètres de hauteur au dessus du niveau des rails.

ART. 12.

Limite du poids des machines qui pourront circuler sur les ponts sans autorisation préalable.

La mise en circulation, sur les ponts, de machines dont le poids moyen par mètre courant dépasserait de plus de un dixième celui de la machine-type déterminée à l'article 4 ci-dessus ou dont un des essieux aurait à supporter une charge supérieure à 18 tonnes, ne pourra avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation spéciale du ministre des travaux publics.

II. — Voies étroites.

ART. 13.

Ponts pour les chemins de fer à voie de 1 mètre et au dessus.

Les prescriptions relatives aux ponts pour chemins de fer à voie normale sont applicables aux chemins de fer à voie étroite, dont la largeur ne sera pas inférieure à 1 mètre, sauf les modifications indiquées ci-dessous.

Le poids par essieu des machines du train-type (art. 4) sera réduit à $10^t \times l$, l étant la largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails. Les dimensions des machines et les poids et dimensions des wagons seront les mêmes que pour la voie normale, et les tenders seront supposés avoir les mêmes poids et les mêmes dimensions que les wagons chargés.

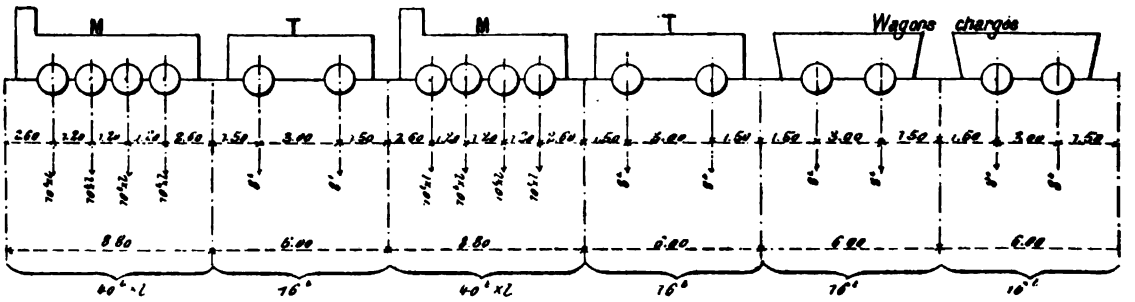


Fig. 20.

Pour le calcul du travail du métal sous l'action d'un essieu isolé, on admettra une charge de $14^t \times l$.

La seconde épreuve par poids roulant (art. 9) sera faite à la vitesse de 35 kilomètres à l'heure.

Le contour à l'intérieur duquel aucune pièce des ponts ne devra faire saillie (art. 11) sera déterminé, dans chaque cas, en tenant compte des minima de largeur

et de hauteur autorisés, pour les ouvrages d'art, sur la ligne à laquelle appartiendra le pont à construire.

La charge d'essieu maximum, dont le passage ne pourra avoir avoir lieu sur les ponts sans autorisation spéciale (art 12), sera fixée à $12^t \times l$, l étant la largeur de voie entre les bords intérieurs des rails.

Les trains à employer aux épreuves seront composés avec le plus lourd matériel propre à la ligne sur laquelle est placé le pont métallique.

ART. 14.

Ponts pour chemins de fer à voie de largeur inférieure à 1 mètre.

Les conditions auxquelles devront satisfaire les ponts supportant des voies de chemins de fer de moins de un mètre de largeur seront déterminées, dans chaque cas, sur la proposition du concessionnaire, par le ministre des travaux publics, en tenant compte des poids et des dimensions des machines appelées à circuler sur l'ouvrage.

.....

ART. 26

Dérogation aux prescriptions du règlement.

L'administration se réserve d'apprécier les cas exceptionnels qui pourraient motiver des dérogations quelconques aux prescriptions du présent règlement.

Il résulte des prescriptions de ce règlement qu'en ce qui concerne les lignes à voie de 1 mètre, le train-type destiné à servir aux calculs de résistance des fermes longitudinales sera composé comme il suit :

Une locomotive de 40 tonnes;
Un tender de 16 tonnes;
Une deuxième locomotive de 40 tonnes;
Un deuxième tender de 16 tonnes;
Une série de wagons de 16 tonnes.

Pour les pièces de pont, le calcul du travail du métal sous l'action d'un essieu isolé se fera en supposant à cet essieu une charge de 14 tonnes.

Enfin, il sera interdit de faire circuler sur le pont, sans autorisation spéciale, une charge supérieure à 12 tonnes par essieu.

Il y a lieu de remarquer que, dans l'état actuel du matériel roulant qui dessert les lignes à voie de 1 mètre, ces prescriptions donnent un coefficient de sécurité considérable, attendu que les machines les plus pesantes atteignent à peine le poids de 29 tonnes (machines-tenders des chemins de fer corses) et que la charge maxima par essieu n'atteint pas 10 tonnes.

Sur les tramways, dont les machines sont généralement moins pesantes, l'hypothèse du train-type ci-dessus défini conduirait à des épaisseurs de métal trop considérables, et nous pensons qu'il y aurait lieu de réduire notablement le poids de ce train dans les calculs. On devra, dans ce cas, adresser à l'appui du projet des propositions spéciales pour justifier la réduction de résistance proposée. L'administration appréciera, en vertu de l'art. 26 du règlement, s'il y a lieu d'accepter cette réduction.

En ce qui concerne les lignes à voie de 0^m 60, l'art. 14 permet de réduire encore les charges, en tenant compte des poids et dimensions des machines appelées à circuler sur la ligne.

Clotures et bornage. — Nous n'avons rien à dire des clôtures des lignes d'intérêt local, si ce n'est qu'elles doivent être généralement supprimées; c'est une économie de 2400 fr. par kilomètre, qui peut être réalisée sans aucun inconvénient.

Quant au bornage, il convient au contraire d'y procéder pour tous les chemins établis à travers champs; c'est une faible dépense, et elle peut prévenir des anticipations de la voie publique par les riverains.

D'ailleurs, l'art 20 du cahier des charges type des chemins de fer d'intérêt local spécifie que le concessionnaire peut, conformément à l'art. 20 de la loi du 11 juin 1880, être dispensé de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie; il n'aura à fournir de justifications spéciales que pour être dispensé d'en établir :

1° Dans la traversée des lieux habités;

2° Dans les parties contiguës à des chemins publics;

3° Sur 10 mètres de longueur au moins de chaque côté des passages à niveau et des stations.

Nous pensons qu'on pourra, en général, supprimer les clôtures partout. Les justifications demandées ne paraissent pas difficiles à produire puisque, pour les tramways, qui sont presque constamment contigus à des chemins publics et qui traversent souvent des lieux habités, aucune obligation de poser des clôtures n'est indiquée dans le cahier des charges.

Le bornage est prévu dans l'art. 28 du cahier des charges type des chemins de fer d'intérêt local; il doit être fait immédiatement après l'achèvement des travaux et, au plus tard, six mois après la mise en exploitation de la ligne.

Dépenses de l'infrastructure. — D'après les exemples de lignes à voie étroite construites jusqu'à ce jour, nous pensons qu'on peut évaluer approximativement de la manière suivante les dépenses de l'infrastructure d'un chemin à voie de 1 mètre, établi soit à travers champs, soit en empruntant les

accotements des routes, étant admis, dans ce dernier cas, que les accotements seront abandonnés lorsque leurs déclivités dépassent 0 m 03 par mètre et qu'en outre les bâtiments des stations seront supprimés ou réduits à très peu de chose. Les chiffres ci-dessous ne s'appliquent, bien entendu, qu'à des chemins de difficulté ordinaire.

	LIGNE A TRAVERS CHAMPS	TRAMWAY
Frais généraux, personnel, études	5 000 f	5 000 f
Acquisition des terrains	10 000	2 000
Terrassements et ouvrages d'art	15 000	8 000
TOTAUX	30 000	15 000

Ces chiffres doivent être considérés comme approximatifs et susceptibles de s'augmenter beaucoup si l'on avait à surmonter des difficultés exceptionnelles et à construire des ouvrages d'art importants.

Pour une ligne à voie de 0 m 60, la dépense se réduirait notablement par suite de l'emploi de courbes plus raides ; mais il n'est pas possible de donner des chiffres moyens, en raison des différences considérables auxquelles on arrive suivant le plus ou moins de flexibilité du tracé. Toutefois, on peut admettre, à titre d'indication sommaire et tout à fait approximative, des chiffres à peu près moitié moindres que les précédents, soit :

15 000 fr. pour une ligne à travers champs,
7 000 fr. pour un tramway.

Il ne faut pas perdre de vue, d'ailleurs, que l'infrastructure d'un chemin de fer représente la partie la plus aléatoire et la plus variable de la dépense, puisqu'elle dépend de la valeur des terrains, de la configuration plus ou moins tourmentée du sol et de la flexibilité plus ou moins grande du tracé. Les chiffres donnés ci-dessus ne peuvent donc s'appliquer qu'à des lignes établies dans des conditions moyennes de difficulté.

LIVRE TROISIÈME

SUPERSTRUCTURE

CHAPITRE PREMIER

VOIE ET ACCESSOIRES DE LA VOIE

§ 1er. — Lignes à voie d'un mètre. — Dispositions d'ensemble de la voie. — Rails. Type Vignole, type Bullheaded. — Éclissage et attache des rails. — Traverses. — Pose de la voie. Surécartement dans les courbes. Surhaussement du rail extérieur. Espacement des traverses. Inclinaison du rail. — Prix de la voie. — Voies spéciales des tramways. Voies à ornière. Voie Broca. Voie Humbert. Prix de revient. — Accessoires de la voie. Changements de voie. Plaques tournantes. Traversées de voies. Traversée à niveau des grandes lignes. — Résumé des prix d'établissement de la voie.

§ 2. — Lignes à voie de 0m 60. — Différents types de voie. Rails de 9 kilogr. 500, de 12 kilogr. et de 15 kilogr. — Traverses Péchot et Grille. — Prix des divers types de voie. — Accessoires de la voie.

§ 3. — Entretien de la voie. — Dressage et relevage de la voie. — Remplacement du matériel. — Renouvellement du ballast. — Personnel de l'entretien. — Méthodes employées.

§ 1er. — Lignes à voie de 1 mètre.

Dispositions d'ensemble de la voie. — Il existe deux systèmes principaux de voie ferrée savoir : la voie Vignole et la voie à coussinets.

Dans la première, les deux files de rails reposent directement sur les traverses par leur base plate, appelée *patin*; dans la seconde, les rails sont à double champignon et s'appuient sur les traverses par l'intermédiaire de coussinets en fonte, dans lesquels ils sont maintenus par des coins. Dans les deux cas, l'attache des rails ou des coussinets avec les traverses (supposées en bois) est faite au moyen de tirefonds à vis. Enfin, à leurs extrémités, les deux rails consécutifs sont assemblés par des éclisses.

Nous examinerons successivement chacun de ces éléments de la voie.

Rails. — Des deux types de voie principalement employés, le type Vignole est celui qui coûte le moins cher à établir ; il est donc tout naturellement

désigné pour être employé sur les lignes à voie étroite. En fait, son emploi est à peu près général sur les lignes de cette nature.

Toutefois, MM. Sartiaux et Bandérali ont fait remarquer, dans leur étude déjà citée sur les chemins de fer à voie de 1 mètre, que, si le trafic de la ligne doit, comme cela s'est présenté pour les chemins de la Corse, comporter des déclivités considérables et des courbes très raides et très nombreuses, si les traverses en bois tendre ne doivent offrir au patin du rail qu'une attache insuffisante, il peut être préférable d'employer le rail à double champignon, encastré dans un coussinet massif solidement attaché sur la traverse.

Nous décrivons donc les deux types de voie : Vignole et à coussinets.

Le profil du rail Vignole, étudié en vue de donner passage à des machines pesant au maximum 8 tonnes par essieu, est représenté par la fig 21 ; il pèse un peu plus de 21 kilogr.

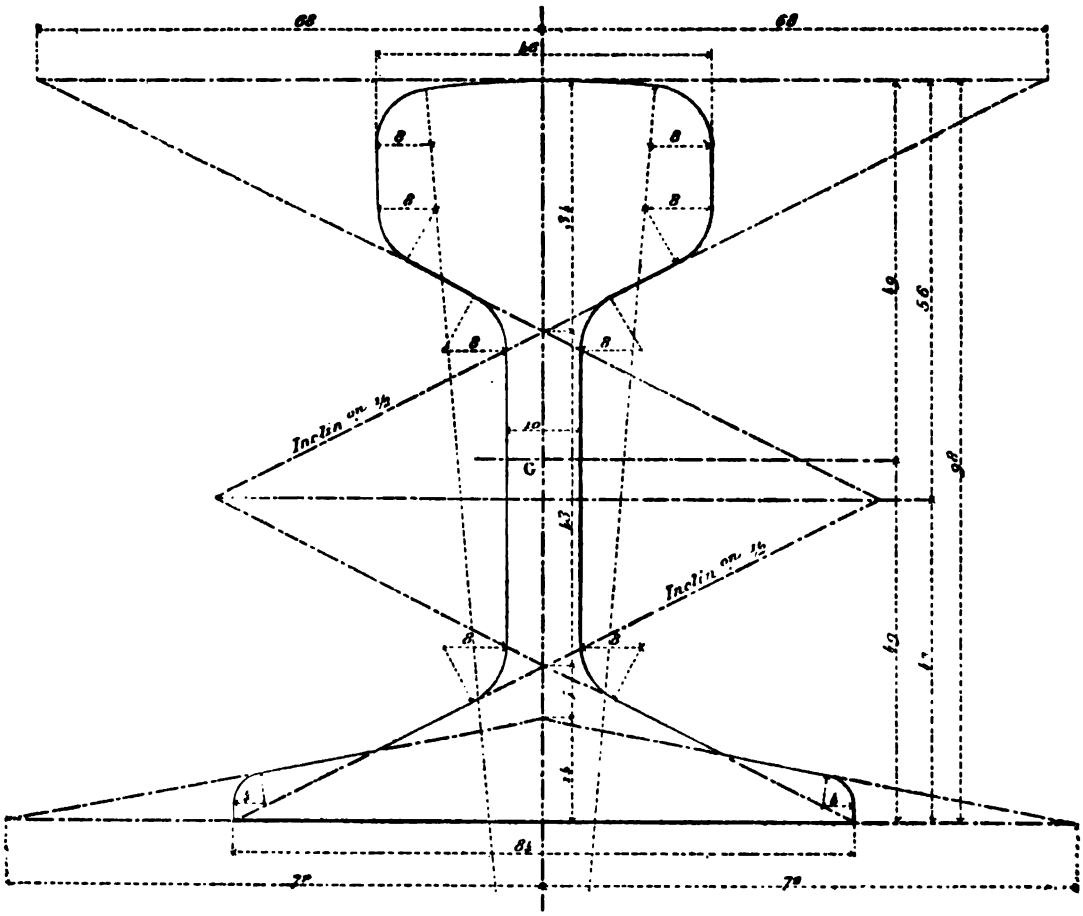


Fig. 21. — Rail à patin en acier de 21 kilogr. 231. — Vraie grandeur.

Les principales conditions d'établissement de ce rail sont résumées ci-après :

Hauteur totale	0^m 098
Largeur du patin	0^m 084
Largeur du champignon	0^m 046
Epaisseur de l'âme	0^m 010
Angle d'épaulement	126° 52′ 20″ (Inclin. 0,5)
Section du rail	0^{m2} 002715
Poids par mètre courant (la densité de l'acier étant de 7,82)	21 k. 231
Rapport de la hauteur totale à la largeur du patin	1,1666
Hauteur du centre de gravité G au dessus du plan de la base du patin	0^m 049
Moment d'inertie	0, 000003453022
Effort maximum de compression du rail supposé neuf, par millimètre carré de section :	
L'espacement des traverses étant de 0^m 85 pour les travées intermédiaires	7 k. 221
L'espacement des traverses étant de 0,50 au joint	7 k. 167 [1]

Si l'on admet que, dans les conditions les plus défavorables de pentes et de courbes, l'usure des rails soit de 1 millimètre après le passage de 100 000 trains, on voit que cette usure ne se réaliserait qu'au bout de 25 ans de service sur une ligne parcourue par 10 trains par jour, soit 4 000 trains par an. En admettant, comme à la Compagnie du Nord, que le rail sera hors d'usage après une augmentation de 23 °/₀ de la valeur primitive de l'effort de compression par millimètre carré de section, les calculs faits par MM. Sartiaux et Banderali montrent qu'à ce moment l'usure du rail sera de 7 millimètres et qu'il aura perdu 14 °/₀ de son poids. Le profil considéré assigne donc au rail, dans les conditions admises pour le trafic, une durée de 175 ans.

Sur une ligne à trois trains dans chaque sens, la durée du rail serait d'au moins 300 ans.

Si l'on croit devoir se décider pour l'adoption du rail à coussinets, il ne faut pas hésiter à renoncer à la faculté du retournement, absolument illusoire avec les rails d'acier, surtout sur les petites lignes, et adopter un type à champignons dissymétriques, le coussinet n'étant plus considéré que comme un moyen de donner au rail une base d'appui plus considérable et un supplément de résistance aux efforts latéraux. C'est dans cet ordre d'idées que l'on a

1. Le détail des calculs est donné dans la *Revue générale*, de septembre 1884. Nous le reproduisons à l'Annexe A.

adopté, pour les chemins de fer de la Corse, un type imité du rail « *Bull-headed* » ou « *tête de boule-dogue* », appliqué sur le métropolitain de Londres.

Ce rail, représenté par la figure 22, pèse près de 23 kilogr. par mètre courant ; il a, dans le sens vertical, une résistance à la flexion presque égale à celle du rail à patin décrit plus haut, et, dans le sens latéral, une résistance notablement plus forte.

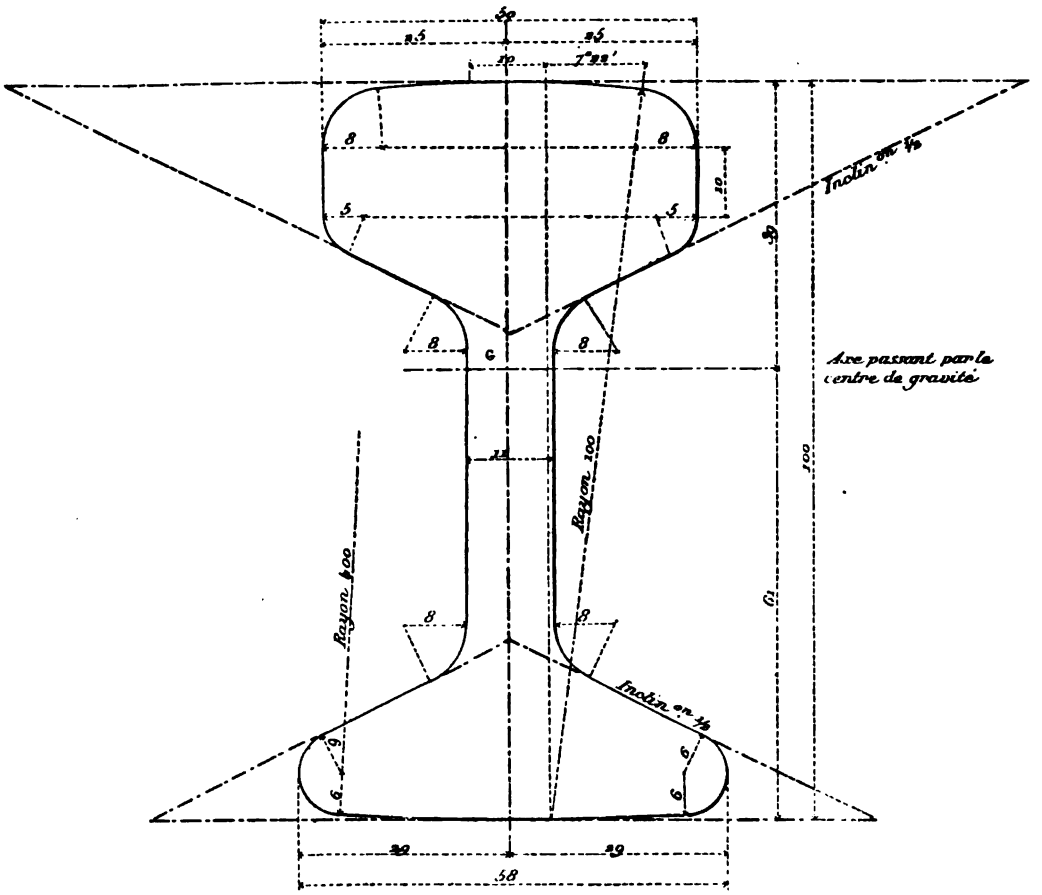


Fig. 22. — Rail en acier de 22 kilogr. 803. Type Bullheaded. — Vraie grandeur.

Avec un coussinet massif du poids de 10 kilogr. environ, présentant une large surface d'appui sur la traverse et relié à cette traverse par trois tire-fonds écartés, on peut obtenir une voie extrêmement solide, même en employant des traverses en sapin, et capable de résister aux efforts d'une machine puissante de 20 à 25 tonnes, circulant avec une vitesse de 40 kilomètres à l'heure sur une ligne à fortes pentes et à courbes accentuées.

Nous résumons ci-après les principales conditions d'établissement de ce rail :

Hauteur totale	$0^m 100$
Largeur du champignon supérieur	$0^m 050$
— inférieur	$0^m 058$
Épaisseur de l'âme	$0^m 011$
Angle d'épaulement	126° 52′ 20″ (Inclin. $0^m 5$)
Section du rail	$0^{m2} 002916$
Poids par mètre courant	$22^k 803$
Hauteur du centre de gravité G au dessus du plan de la base	$0^m 0525$
Moment d'inertie	0,000003587
Effort maximum de compression du rail supposé neuf, par millimètre carré de section[1] :	
L'espacement des traverses étant de $0^m 85$, pour les traverses intermédiaires	$6^k 466$
L'espacement des traverses étant de $0^m 55$, au joint	$6^k 360$
Longueur des coussinets	$0^m 290$
Largeur d'appui du rail sur le coussinet	$0^m 130$
Poids du coussinet	10^k environ.

La figure 23 représente le coussinet employé pour le rail dont il s'agit.

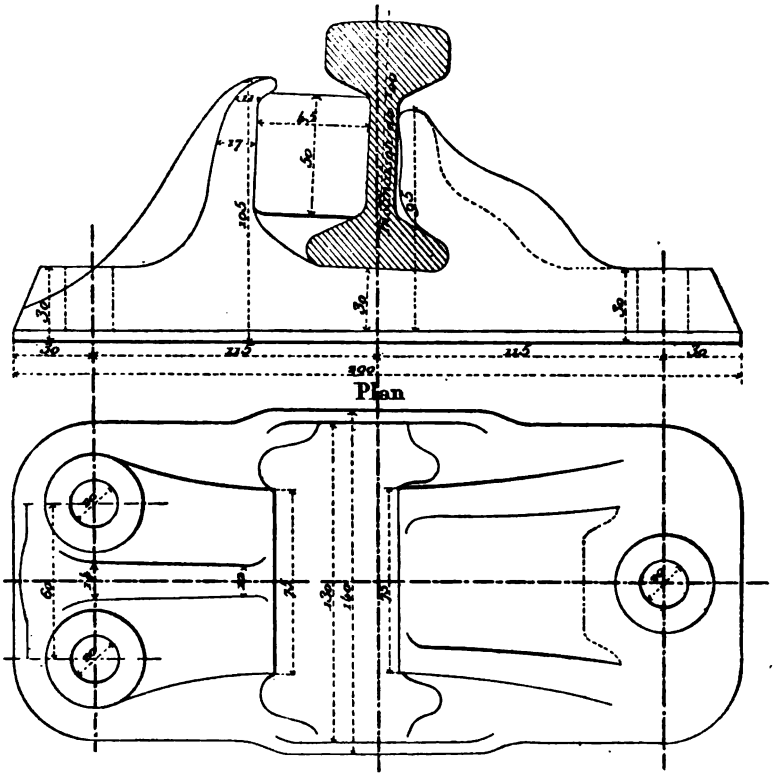


Fig. 23. — Coussinet pour rail en acier de 22 kilogr. 803. — Échelle de 1/3.

1. Voir le calcul à l'annexe A.

En procédant de la même manière que pour le rail à patin, on trouve que la durée du rail Bullheaded, sur une ligne à 5 trains dans chaque sens, serait de 260 ans. Pour une ligne à 3 trains, elle serait de 450 ans.

Les deux types de rails dont nous venons de parler, étudiés en vue de résister au poids d'une machine de 24 à 25 tonnes, soit 8 tonnes par essieu, conviennent très bien pour des chemins accidentés comme ceux de la Corse ; mais il est clair qu'ils sont trop forts pour les conditions moyennes de service des lignes à voie étroite. La plupart de ces lignes peuvent être desservies par des locomotives de 18 à 20 tonnes ; les tramways de Loir-et-Cher n'ont même que des machines de 15 tonnes, suffisantes pour assurer la traction. D'un autre côté, il n'y a aucune raison pour ne pas faire travailler l'acier des rails à 8, 9 et même 10 kilogr. par millimètre carré, puisque les rails des grandes lignes supportent couramment des efforts de cette importance.

Dans ces conditions, un type de rail à patin pesant 18 à 20 kilogr. au mètre courant paraît être bien suffisant, dans la plupart des cas, pour l'armement des lignes à voie étroite. Sur les tramways desservis par des machines de 14 à 15 tonnes, ce poids peut être réduit à 15 kilogr.

Nous représentons (fig. 24 et 25) deux types de rail Vignole de 18 et 15 kilogr. Le premier est le rail du réseau Sud des chemins de fer d'intérêt local d'Indre-et-Loire ; le second est celui des tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher. Les principales conditions d'établissement de ces deux rails sont résumées ci-après :

	RAIL D'INDRE-ET-LOIRE.	RAIL DE LOIR-ET-CHER.
Hauteur totale	0m 090	0m 084
Largeur du champignon	0m 044	0m 042
Largeur du patin	0m 078	0m 066
Epaisseur de l'âme	0m 01075	0m 009
Inclinaison de l'épaulement	2/5	0,5
Section du rail	»	0m² 0019185
Poids par mètre courant	18 k.	15 k.
Rapport de la hauteur totale à la largeur du patin	1,1538	1,2727
Hauteur du centre de gravité au dessus du plan de la base	»	0m 0438
Moment d'inertie	»	0,000001777

Sous le passage d'un essieu de 6 tonnes, l'effort de compression du rail d'Indre-et-Loire est de 6 kilogr. 82 par millimètre carré de section pour les traverses intermédiaires (0m 8337 d'écartement d'axe en axe) et de 6 kilogr. 91 au joint (0m 40 d'écartement). Avec le rail des tramways de Loir-et-Cher, dont les machines pèsent 14700 kilogr. en ordre de marche,

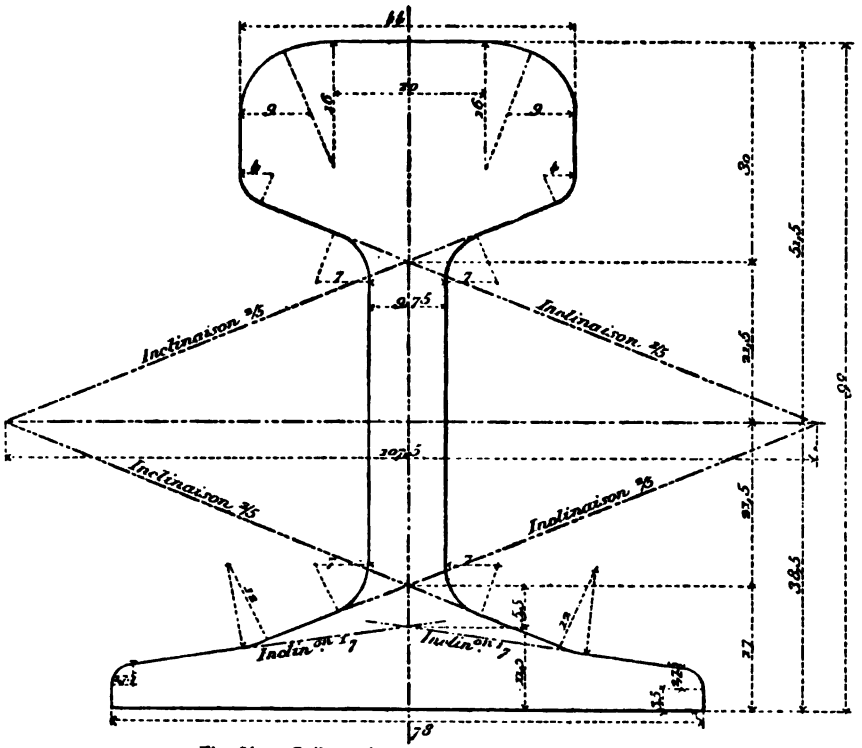


Fig. 24. — Rail en acier de 18 kilogr. — Vraie grandeur.

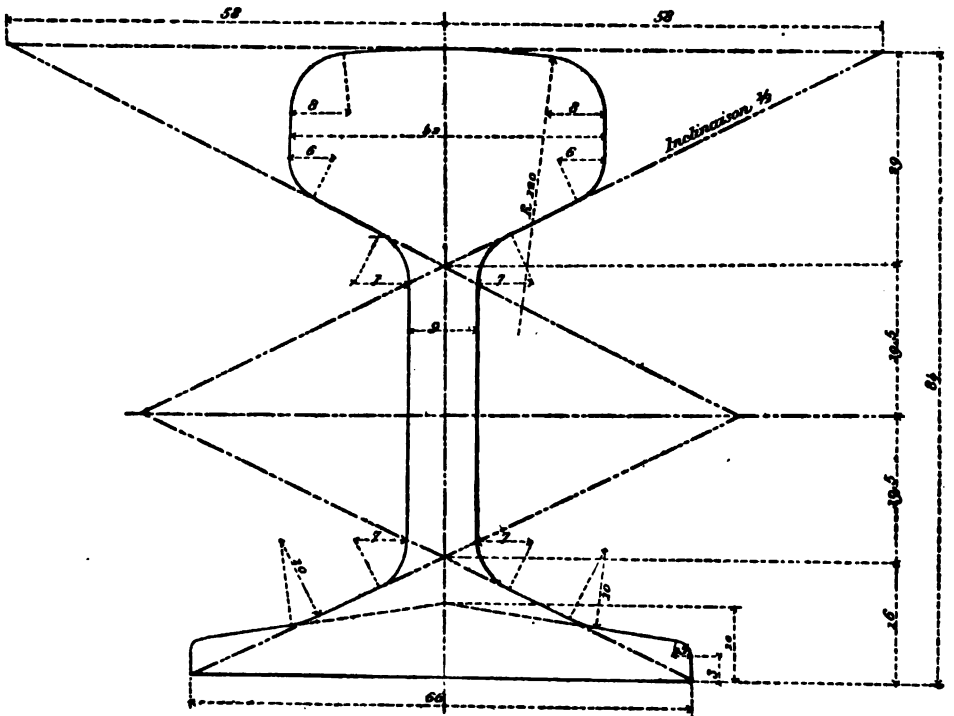


Fig. 25. — Rail en acier de 15 kilogr. — Vraie grandeur.

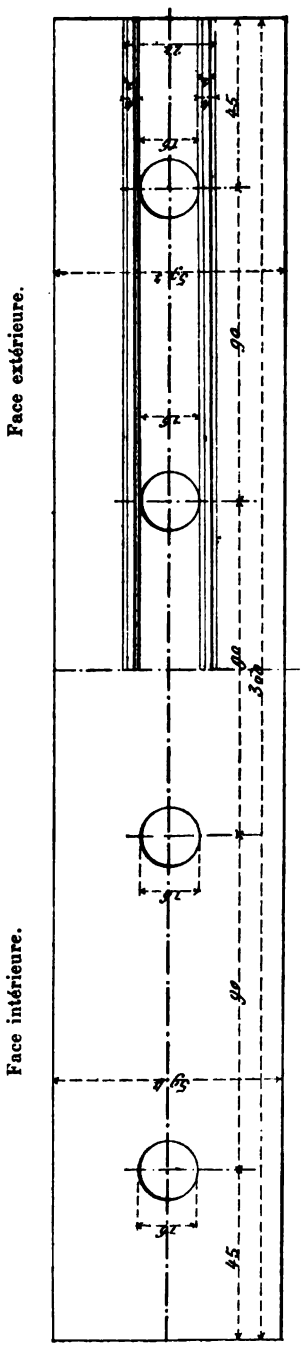


Fig. 26. — Éclissage du rail Bullheaded. Détails de l'éclissage. — Échelle de 1/2.

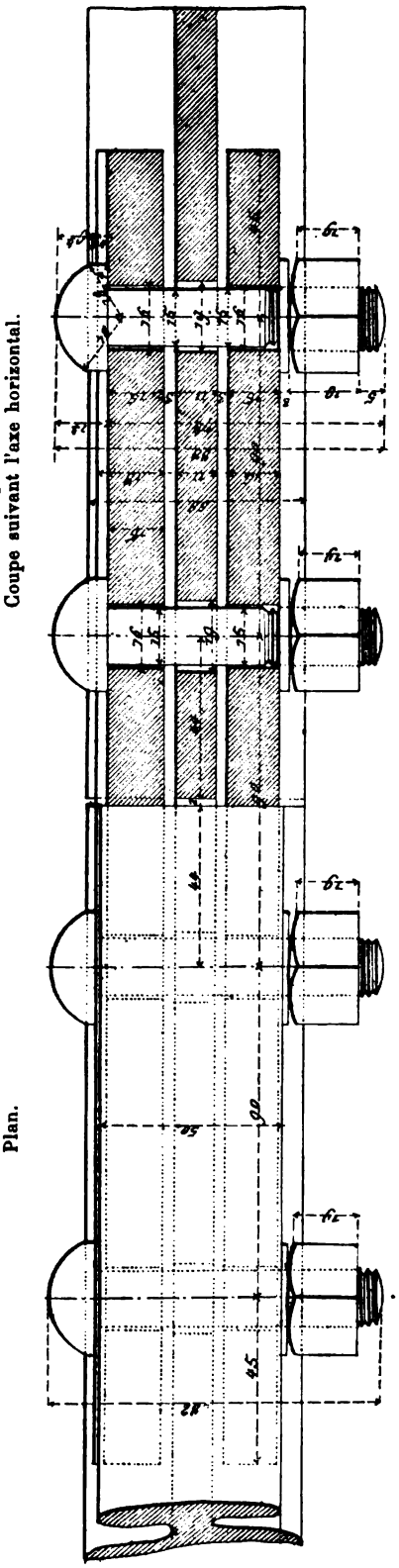


Fig. 27. — Éclissage du rail Bullheaded. Assemblage des éclisses avec le rail. — Échelle de 1/2.

soit 4 900 kilogr. par essieu, l'effort est de 7 kilogr. 33 pour les traverses intermédiaires, espacées de 0 m 82, et de 9 kilogr. 43 au joint (écartement de 0 m 625)[1].

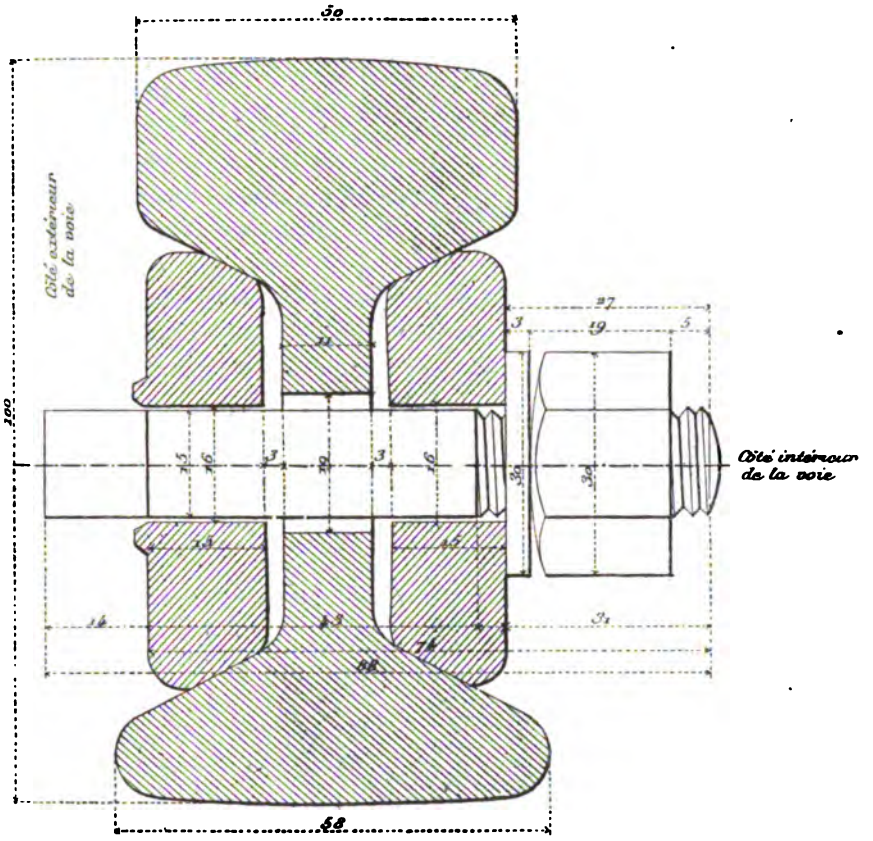


Fig. 28. — Éclissage du rail Bullheaded. Coupe transversale. — Vraie grandeur.

En admettant que ces deux profils de rails puissent rester en service tant que l'usure des champignons n'a pas atteint 5 mm, leur durée serait, d'après les bases que nous avons données plus haut, de 125 ans sur une ligne à 5 trains dans chaque sens, et de 220 ans sur une ligne à 3 trains.

Éclissage et attache des rails. — Les figures 26, 27, 28 et 29 représentent l'éclissage du rail Bullheaded de 23 kilogr. Celui du rail Vignole en diffère peu.

Les deux éclisses ne sont pas semblables. L'éclisse extérieure porte deux filets saillants, destinés à empêcher la tête du boulon de tourner

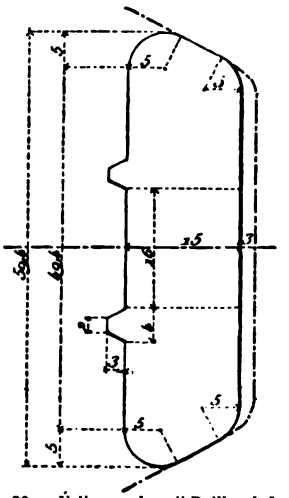


Fig. 29. — Éclissage du rail Bullheaded. Éclisse extérieure. — Vraie grandeur.

1. V. le calcul à l'annexe A.

tourner lorsqu'on serre l'écrou; elle est percée de 4 trous de 16 mm de diamètre pour le passage des boulons. L'éclisse intérieure n'a pas de filets. Nous donnons ci-dessous les dimensions principales des deux éclisses.

		Rail à patin.	Rail Bullheaded.
Hauteur		59 mm	59 mm 4
Epaisseur		15	15
Longueur		360	360
Diamètre des trous		16	16
Poids de l'éclisse, trous déduits	Éclisse intérieure	2 k 330	2 k 353
	— extérieure	2 k 380	2 k 403

D'après les calculs faits par MM. Sartiaux et Banderali, le travail maximum de ces éclisses au cisaillement est de 1 kilogr. 104 par millimètre carré; à la flexion, il est de 1 kilogr. 314. Les calculs ont été faits pour l'éclisse du rail Bullheaded seulement; pour celle du rail à patin, on obtiendrait des résultats très peu différents.

L'éclissage du rail d'Indre-et-Loire est représenté par les figures 30, 31 et 32.

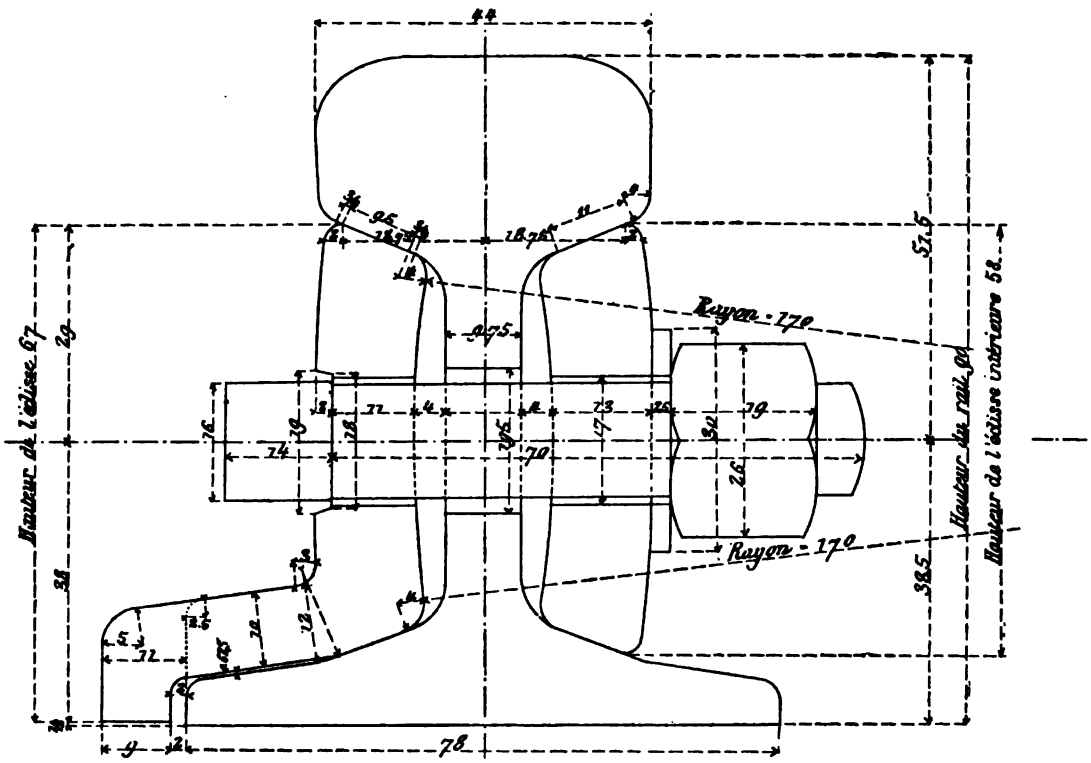


Fig. 30. — Éclissage du rail de 18 kilogr. Élévation-coupe transversale suivant AB. — Vraie grandeur.

On voit que les éclisses sont de deux espèces : l'une, dite éclisse cornière, se place à l'extérieur de la voie ; elle est destinée à donner plus de solidité au joint. Elle porte un talon, échancré à chacune de ses extrémités pour recevoir la tête des tire-fonds, qui s'opposent ainsi au déplacement longitudinal des rails ; elle porte également une rainure longitudinale pour maintenir les têtes des boulons. L'autre éclisse est du type ordinaire et se place à l'intérieur de la voie.

Ces éclisses ont une grande longueur, 0^m 50, égale à l'écartement d'axe en axe des traverses contre-joint, ce qui leur permet de s'appuyer à chaque bout sur ces traverses et de donner une grande résistance au joint des deux rails.

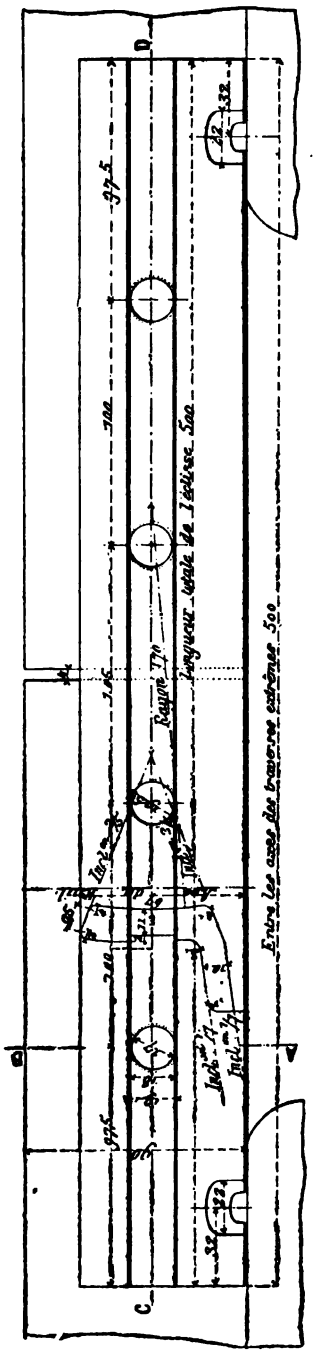


Fig. 31. — Éclissage du rail de 18 kilogr. Élévation à l'extérieur de la voie. — Échelle de 1/3.

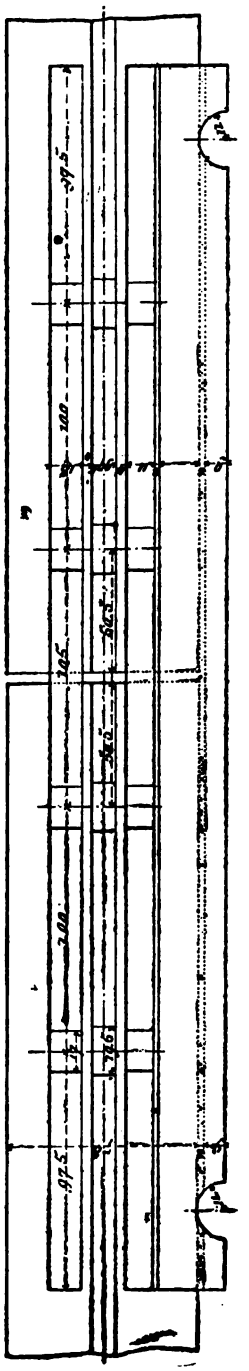


Fig. 32. — Éclissage du rail de 18 kilogr. Plan. Coupe suivant CD. — Échelle de 1/3.

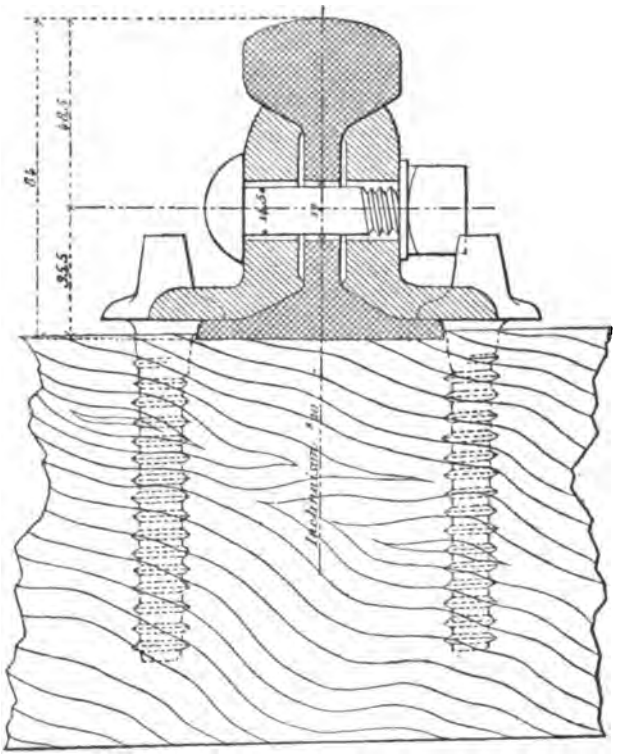


Fig. 33. — Éclissage du rail de 15 kilogr. Coupe transversale.
Échelle de 1/2.

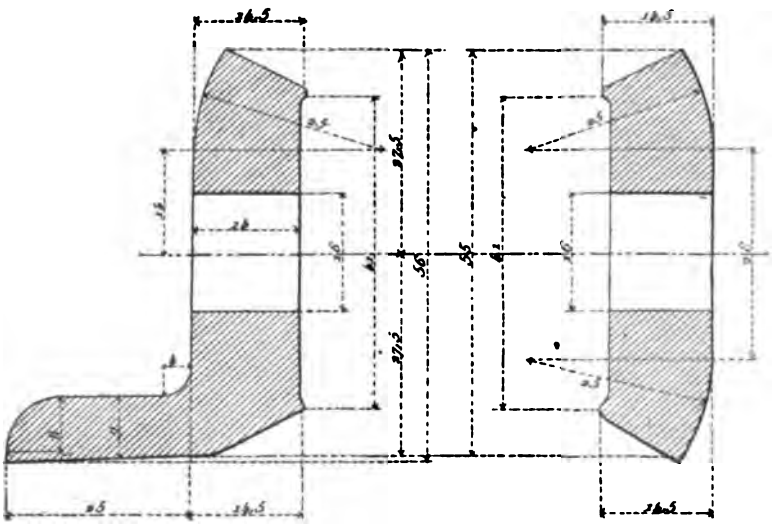


Fig. 34. — Éclisse cornière pour la pose courante.
Vraie grandeur.

Fig. 35. — Éclisse simple pour changement de voie. — Vraie grandeur.

Quant à l'éclissage du rail de 15 kilogr. des tramways de Loir-et-Cher, il est représenté en coupe sur la figure 33. On voit qu'il est réalisé au

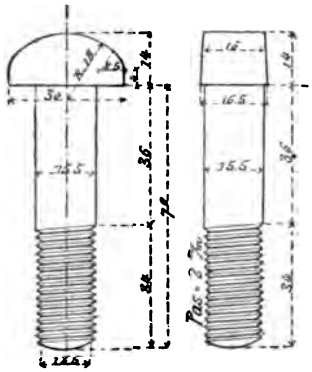


Fig. 36. — Boulon d'éclisse pour rail de 18 kilogr. Échelle de 1/2.

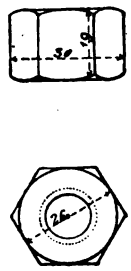


Fig. 37. — Écrou. Échelle de 1/2.

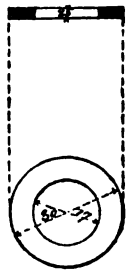


Fig. 38. — Rondelle. Échelle de 1/2.

moyen de deux éclisses cornières, destinées à donner plus de raideur au joint. La longueur de ces éclisses est de 0 m 395; elles sont percées de 4 trous pour le passage des boulons. La figure 34 représente leur coupe en vraie grandeur. On les emploie à l'intérieur comme à l'extérieur de la voie, dans la pose courante. Mais, dans les changements de voie, l'éclisse cornière n'est employée qu'à l'extérieur; on se sert, à l'intérieur de la voie, d'une éclisse ordinaire (fig. 35).

Le boulon d'éclisse, l'écrou et la rondelle, destinés à assurer l'assemblage de deux rails consécutifs par l'intermédiaire des éclisses, sont représentés par les figures 36 à 39, les trois premières s'appliquant au rail de 18 kilogr., la dernière, au rail de 15 kilogr.

Quant à l'attache des rails sur les traverses, elle est réalisée au moyen de tirefonds, dont nous représentons trois types (fig. 40, 41 et 42), le premier, applicable aux rails de 21 et 23 kilogr., le second, aux rails de 18 et 20 kilogr., le troisième, aux rails de 15 kilogr.

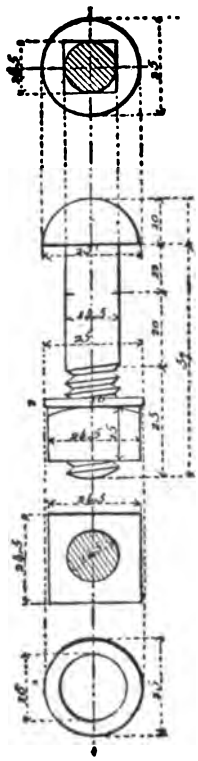


Fig. 39. — Boulon d'éclisse, écrou et rondelle pour rail de 15 kilogr. — Échelle de 1/2.

Pour empêcher le patin du rail Vignole d'entrer dans la traverse et pour augmenter la résistance des attaches, on peut employer, comme sur la voie normale, des selles en acier placées entre le patin et la traverse, et dont la largeur augmente la surface d'appui; sur les tramways de la Dordogne, on a employé deux selles par longueur de rail de 7 m 65;

elles ont 133 mm de largeur sur 163 mm de longueur et 8 mm d'épaisseur; leur poids est de 280 gr. Cet accessoire de la voie est d'ailleurs peu usité sur les lignes à voie de 1 mètre.

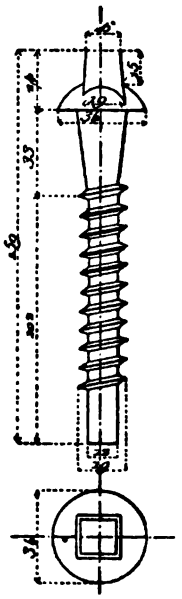


Fig. 40.
Tirefond pour rails de 21 et de 23 kilogr. — Échelle de 1/3.

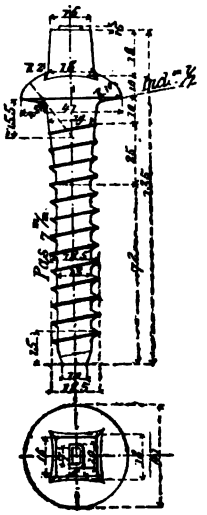


Fig. 41.
Tirefond pour rails de 18 et 20 kilogr. — Échelle de 1/3.

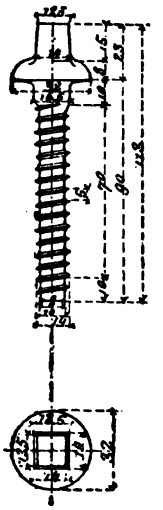


Fig. 42.
Tirefond pour rails de 15 kilogr. Échelle de 1/3.

Traverses. — Les traverses pour la voie de 1 mètre sont naturellement plus faibles que pour la voie normale. Leurs dimensions transversales peuvent être de 0m15 à 0m20 de largeur sur 0m10 à 0m12 d'épaisseur; leur longueur ne doit pas être inférieure à 1m60; si le tracé comporte des courbes à faible rayon, il peut être bon de porter cette longueur à 1m75 et même 1m80.

L'essence du bois a peu d'importance quand on emploie la voie à coussinets. Avec le rail à patin, il est bon de se servir de traverses en chêne ou en hêtre injecté.

Le meilleur procédé de préparation des traverses consiste dans le créosotage (système Blythe), appliqué de la manière suivante à des traverses bien desséchées :

1° Introduire les traverses dans un cylindre de tôle où circule un courant de vapeur d'eau, mélangée de vapeur d'huile créosotée, sous l'influence d'une élévation progressive de la pression.

2° Faire absorber à chaque traverse, dans le même cylindre, une quantité déterminée, 10 kilogr., de créosote liquide à la température de 60°.

L'application de ce procédé ne coûte pas très cher et il procure aux traverses un supplément de durée très appréciable.

Les traverses des lignes à voie d'un mètre se font exclusivement en bois ; il n'y aurait pas d'impossibilité cependant à employer sur ces lignes des traverses métalliques ; on ne le fait pas à cause du prix élevé de ces traverses, qui entraînerait une dépense de premier établissement trop considérable, eu égard au faible trafic des lignes dont il s'agit.

Pose de la voie. — Les dispositions à adopter pour la pose de la voie sur les lignes à voie de 1 mètre diffèrent nécessairement un peu de celles qui sont usitées sur les lignes à voie normale. Nous résumons ci-après celles qui sont recommandées par MM. Sartiaux et Bandérali.

Surécartement dans les courbes. — Sur les lignes à voie normale, dans le but de faciliter le passage du matériel, on élargit habituellement la voie de 1 ou 2 centimètres dans les courbes. Il est à peu près impossible de déterminer mathématiquement la valeur de ce surécartement, quand on en admet la nécessité ; l'expérience semble être sur ce point la meilleure règle.

Sur le chemin de Hermes à Beaumont, la largeur de 1 mètre laisse un jeu latéral qui, grâce à la conicité, permet à deux roues neuves de 0^m70 de diamètre, montées sur un même essieu, de parcourir sans glissement les deux files de rails dans des courbes de 500 mètres de rayon.

Avec des courbes de 450 mètres et au dessous, on a adopté, après une série de tâtonnements, les chiffres suivants pour la largeur de la voie :

Courbes de 100 à 150^m de rayon	.....	1^m02 faible.
— 150 à 300 —	.....	1^m015
— 300 à 450 —	.....	1^m01
— 500 et au-delà	.....	1^m

C'est également d'après les chiffres ci-dessus qu'est réglée la largeur de la voie dans les courbes, sur les lignes concédées à la Compagnie des chemins de fer départementaux.

Ajoutons toutefois que l'utilité d'un surécartement est contestée pour les lignes à voie étroite comme pour les autres ; sur les tramways de Loir-et-Cher, aucun surécartement n'est admis quel que soit le rayon des courbes ; il n'en est résulté jusqu'à ce jour aucun inconvénient.

Surhaussement du rail extérieur — Tous les ingénieurs s'accordent, au contraire, sur la nécessité de relever le rail extérieur dans les courbes, afin de combattre l'effet de la force centrifuge. Mais les formules employées

pour déterminer ce surhaussement sont variables ; elles sont généralement de la forme

$$S = K \frac{V}{R},$$

K étant un coefficient d'expérience,
V la vitesse maxima,
R le rayon de la courbe.

Les résultats qu'elles donnent, pour une vitesse de 40 kilomètres, varient entre

$$\frac{26,67}{R} \quad \text{et} \quad \frac{12,58}{R},$$

et correspondent à une formule moyenne

$$S = \frac{15}{R}.$$

Cette formule donne les chiffres suivants, dont MM. Sartiaux et Bandérali proposent l'adoption :

	Surhaussement.
Rayon de 100 mètres	0^m 15
— 150 —	0^m 10
— 200 —	0^m 075
— 250 —	0^m 06
— 300 —	0^m 05

La Compagnie des chemins de fer départementaux conseille les chiffres suivants, qui sont notablement plus faibles :

	Surhaussement.
Rayon de 100 mètres	0^m 09
— 150 —	0^m 06
— 200 —	0^m 045
— 250 —	0^m 035
— 300 —	0^m 030

Ces chiffres sont déduits de la formule

$$S = \frac{9}{R},$$

laquelle n'est autre que la traduction de la formule générale théorique

$$S = 0,008 \frac{V^2}{R},$$

dans laquelle la vitesse maxima V a été supposée égale à 33^k5.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, le surhaussement est uniformément de 0^m 12 dans les courbes d'un rayon égal ou inférieur à 200 mètres ; pour des rayons plus grands, il diminue dans la proportion suivante :

	Surhaussement.
Rayon de 250^m	0^m096
— 300	0^m080
— 350	0^m0686
— 400	0^m06

Les chiffres adoptés par la Compagnie des chemins de fer départementaux nous paraissent un peu faibles ; ceux des tramways de Loir-et-Cher, au contraire, nous semblent un peu élevés.

Il est à remarquer, d'ailleurs, que lorsque la voie des tramways est posée à même la chaussée des routes, dans les traverses des villages par exemple, elle doit nécessairement épouser le profil transversal de ces chaussées et que le surhaussement doit alors être complètement supprimé. Cela n'offre aucun inconvénient, puisque les trains circulent toujours dans ces parties avec une vitesse tres réduite.

Autant que possible, on obtient le surhaussement, sans modifier le profil en long de l'axe de la voie, par une dénivellation relative des deux files de rails, en abaissant l'une et en élevant l'autre d'une quantité égale à la moitié du surhaussement total. La transition doit être ménagée aux deux extrémités de la courbe par des rampes ou des pentes qui amènent ou effacent graduellement la dénivellation.

Le surhaussement doit être réparti par moitié sur la courbe et sur l'alignement droit adjacent ; on obtient ce résultat par l'emploi de pentes et rampes relatives, inférieures à 4^{mm} par mètre, établies sur les deux files de rails.

Il est très important, en outre, que les parties droites et courbes sur lesquelles se forme ou s'efface le surhaussement, soient remplacées, dans la mesure du possible, par des portions de paraboles. Les instructions pratiques, rédigées pour la pose de la voie par les diverses compagnies qui exploitent les chemins de fer, font connaître en général de quelle manière les raccordements paraboliques doivent être exécutés (V. Annexes). Cependant, sur les tramways de Loir-et-Cher, ces raccordements ne sont pas employés ; on se contente d'aplatir légèrement, d'un coup de pince, la courbe à l'origine du raccordement.

Espacement des traverses. — La longueur généralement adoptée pour les rails est de 8 mètres ; en admettant pour les traverses de joint un espace-

ment de 0^m50 à 0^m55 et en employant 10 traverses par longueur de 8 mètres, on est conduit à un espacement de 0^m80 à 0^m85 pour les traverses intermédiaires.

Pour la pose en courbes, on rachète la différence de longueur des deux files de rails en plaçant sur la file intérieure des rails plus courts, de 7^m90 environ.

Inclinaison du rail. — L'inclinaison du rail vers l'intérieur, ou *dévers* de la voie, est liée intimement à la conicité des bandages du matériel roulant. La relation qui doit exister entre ces deux éléments, pour annuler le frottement longitudinal dans la circulation en courbe, est la suivante : le rapport des chemins parcourus sur les rails, en un temps donné, par les deux roues conjuguées d'un même essieu, doit être le même que celui des développements des circonférences de roulement correspondantes.

Si l'on appelle J le jeu de la voie, c'est-à-dire la différence entre la largeur intérieure de la voie et la distance entre les bords extérieurs des mentonnets des roues ;
e l'écartement de la voie d'axe en axe des rails ;
r le rayon moyen des roues ;
α l'angle des bandages avec l'horizontale ;
R le rayon de l'axe de la voie ;

la relation énoncée ci-dessus s'exprime mathématiquement de la manière suivante :

$$\frac{R+\frac{e}{2}}{R-\frac{e}{2}}=\frac{r+J tg\alpha}{r-J tg\alpha},$$

d'où l'on tire

$$R=\frac{er}{J tg\alpha}.$$

Pour une voie de 1^m d'écartement intérieur et des rails ayant 4 à 5 centimètres de largeur de champignon, on peut prendre

$$e=1^m045.$$

r est égal à 0^m35 environ.

Quant à $tg\alpha$, on lui donne habituellement la même valeur que pour le matériel de la voie normale, soit 1/20.

Dès lors, pour supprimer tout glissement dans une courbe de 100 mètres de rayon, il faudra que l'on ait :

$$J = \frac{er}{R tg\alpha},$$

ou

$$J = \frac{1,045 \times 0,35}{100 \times \frac{1}{20}},$$

d'où l'on tire

$$J = 0^{m}07475.$$

Cette valeur du jeu de la voie, quoiqu'un peu forte, n'est pas inconciliable avec les conditions de la pratique, si l'on admet un surécartement de 2 centimètres dans les courbes de 100 mètres de rayon.

Toutefois, comme elle conduirait soit à des bandages un peu trop larges, soit au maintien partiel du glissement, on peut, sans inconvénient, adopter pour l'inclinaison et la conicité la valeur de $\frac{1}{17}$, comme cela se fait en Allemagne. Dans ce cas, le jeu total prend une valeur de $0^{m}0635$, qui permet d'établir le matériel fixe et roulant dans de bonnes conditions de conservation.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer, d'ailleurs, que, sur les tramways de la Sarthe et sur ceux de Loir-et-Cher, l'inclinaison des rails à l'intérieur de la voie est de $\frac{1}{20}$, comme la conicité des bandages, et que, ainsi que nous l'avons dit, il n'existe aucun surécartement dans les courbes, quel que soit leur rayon ; le jeu de la voie est de 4 centimètres. Cette situation n'a pas jusqu'ici présenté d'inconvénients et cependant l'application de la formule conduirait à donner au jeu de la voie une valeur plus grande pour supprimer le frottement de glissement en courbe de 100 mètres.

On a en effet :

$$e = 1^{m}042,$$
$$r = 0^{m}32,$$

et la formule donne

$$J = 0^{m}067.$$

Il semble résulter de là que cette formule est un peu théorique et qu'on peut pratiquement obtenir des résultats satisfaisants sans s'y conformer absolument.

Pour compléter les notions générales qui précèdent, nous reproduisons (Annexes B et C) les instructions pratiques rédigées :

1° Par la Compagnie des Chemins de fer départementaux, pour la pose des voies en rails Vignole de 18 et 20 kil. au mètre courant ;

2° Par M. Faliès, pour la pose de la voie en rails Vignole de 15 kil. au mètre courant sur les tramways de Loir-et-Cher.

Prix de la voie. — Le rail à patin de 18 kilogr. au mètre courant est considéré comme le type normalement applicable aux chemins de fer à voie étroite ; nous le prendrons donc comme base de nos calculs dans l'établissement du prix de revient de la voie, en lui supposant une longueur de 8 mètres.

Une travée comporte, dans ces conditions :

2 rails en acier de 8 mètres,
10 traverses en chêne,
2 paires d'éclisses,
8 boulons d'éclisses,
40 tirefonds.

Son prix peut s'évaluer de la manière suivante :

2 rails en acier de 8 mètres de longeur, pesant 18 kilogr. le mètre courant, soit $2 \times 8 \times 18 = 288$ kilogr. d'acier à 190 fr. la tonne	54f72
10 traverses en chêne à 3 fr. l'une	30 »
2 paires d'éclisses pesant 5 kilogr. la paire, soit 10 kilogr. de fer ou d'acier à 210 fr. la tonne	2,10
8 boulons d'éclisses pesant 0 kilogr. 4 chacun, soit 3 kilogr. 2 de fer à 425 fr. la tonne	1,36
40 tirefonds pesant 0 kilogr. 2 chacun, soit 8 kilogr. d'acier à 450 fr. la tonne	3,60
Total pour la fourniture des matériaux d'une travée de 8 mètres	91,78
Soit par mètre courant $\frac{91,78}{8}$, ou	11,47
Il y a lieu d'ajouter pour transport, sabotage, pose et frais divers.	2 »
Total pour la voie non ballastée	13,47

Le cube du ballast, en lui supposant une largeur de $2^m 20$ à $2^m 50$ au niveau des rails et une épaisseur de $0^m 35$, est d'environ $0^{m3} 90$ à 1^{m3} par mètre courant.

Comptons 1 mètre cube et admettons le prix de 3 fr. 50; le prix du mètre courant de ballastage sera :

$1^{m3} \times 3$ fr. 50	3f 50
Et par suite le prix du mètre courant de voie ballastée	16,97
On peut donc compter, pour un kilomètre de voie, non compris le ballastage	13 500f »
Y compris le ballastage	17 000 »

En adoptant un rail de 15 kilogr., en réduisant un peu le poids du petit matériel de voie et en se contentant d'une largeur de ballast de 2 mètres, les prix ci-dessus peuvent être diminués et ramenés aux chiffres suivants :

Voie sans ballast	11 500f »
Voie ballastée	15 000 »

Voies spéciales des tramways. — Nous avons supposé, dans tout ce qui précède, que les voies de tramways étaient posées, comme celles des chemins de fer ordinaires, en rails simples sans contre-rails. Il y a cependant intérêt à faire connaître les moyens employés pour réaliser, lorsque cela est exigé, une voie à ornières affleurant exactement la surface de la chaussée. Le moyen le plus simple consiste dans la pose d'un contre-rail, établi comme aux passages à niveau des grandes lignes de chemin de fer. On trouvera aux annexes B et C (Instructions pour la pose de la voie) des indications spéciales et un croquis faisant connaître les dispositions à adopter dans ce cas. Un contre-rail, du même type que le rail, est placé d'aplomb à côté de lui et fixé de la même façon sur les traverses, de manière à réserver, entre les bords intérieurs des deux rails, une ornière de 45 à 50^{mm} de largeur, largement suffisante pour le passage des mentonnets des roues. L'ensemble de ces deux rails est noyé dans l'empierrement, qui vient affleurer la surface de roulement de la voie de fer. De chaque côté du passage à niveau, on fait une entrée aux mentonnets des roues en infléchissant les contre-rails sur une certaine longueur, de manière que l'ornière présente une partie évasée.

Les dispositions qui précèdent s'appliquent spécialement aux passages à niveau, en raison de la largeur de l'ornière à laquelle elles conduisent. Les deux rails étant posés côte à côte et fixés sur la traverse par des tirefonds distincts dont la tête a 32 à 34^{mm} environ de diamètre, l'ornière mesurée au niveau de la chaussée ne peut avoir moins de 45^{mm}. Cela n'a pas d'inconvénient tant que les voitures doivent franchir la voie transversalement,

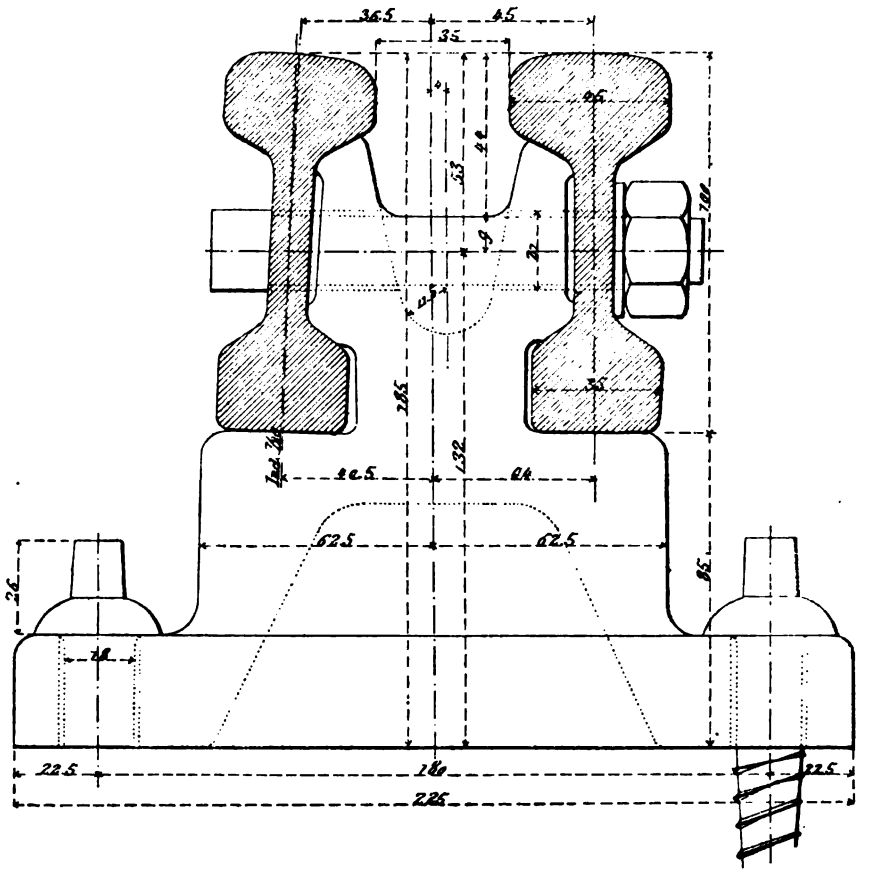


Fig. 43. — Tramway de Cambrai à Catillon. Voie à ornières. Elévation, coupe. — Echelle 1/2.

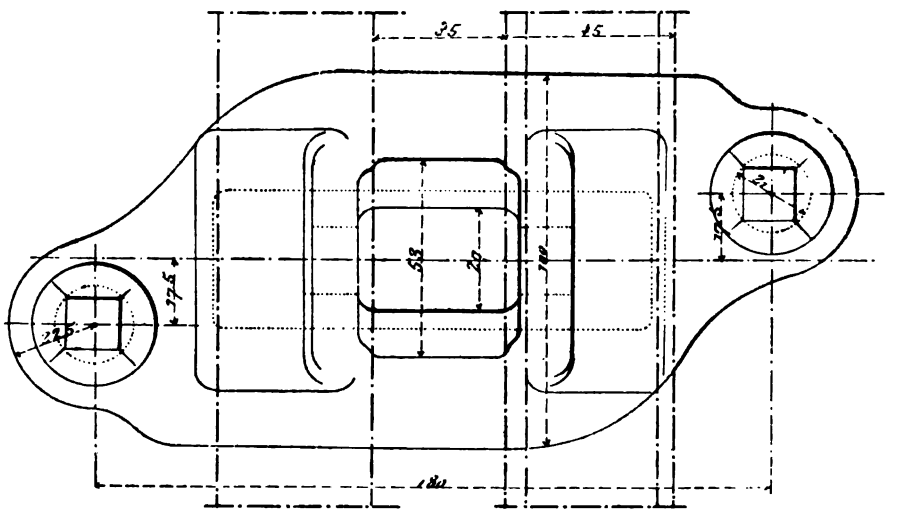


Fig. 44. — Tramway de Cambrai à Catillon. Voie à ornières. Plan. — Echelle 1/2.

c'est-à-dire en la coupant sous un angle qui n'est jamais très aigu. Mais, pour une voie destinée à être placée longitudinalement sur une chaussée, cette largeur ne serait pas admissible; la dimension minima des jantes des petites voitures étant de 0^m 04 environ, le maximum de largeur d'ornière doit, dans ce cas, être inférieur à 0^m 04; d'autre part, pour permettre la circulation du matériel du tramway dans les courbes, la largeur de l'ornière ne doit guère descendre au dessous de 0^m 035.

On peut réaliser une ornière de 0^m 035 au moyen de l'emploi d'un contre-rail; il suffit pour cela (voir annexe C, fig. 192), de réduire à 18 ou 19^{mm} la distance entre les patins des deux rails, qui est de 28^{mm}, et cela en se servant de deux tirefonds communs pour fixer à la fois les deux rails à l'intérieur de l'ornière. La largeur de celle-ci se réduira facilement à 35^{mm}.

On peut également employer une disposition spéciale de voie à ornières. Les figures 43, 44 et 45 représentent celle qui a été adoptée sur le tramway de Cambrai à Catillon (Nord).

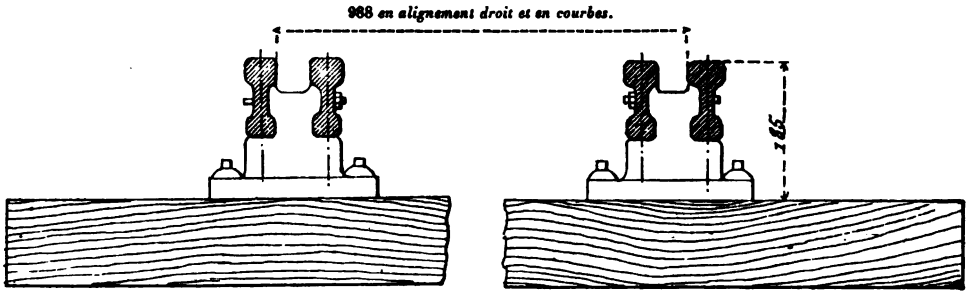


Fig. 45. — Coupe transversale de la voie à ornières. — Echelle 1/10.

La voie à ornières de cette ligne se compose de deux files doubles de rails à champignons inégaux. Chaque file double comporte deux rails identiques, boulonnés ensemble et séparés par la tête de coussinets en fonte, fixés par des tirefonds sur les traverses en bois.

Les coussinets ont une hauteur suffisante pour permettre d'interposer, s'il y a lieu, entre la surface de la chaussée et la face supérieure des traverses, un pavé de 16 centimètres de hauteur, reposant sur une couche de sable de 25^{mm}.

La largeur de l'ornière est de 32^{mm} en ligne droite et de 35^{mm} en courbe. Nous donnons ci-dessous les poids des éléments constitutifs d'une travée de 8 mètres de longueur de voie à ornières, supporté par 11 traverses.

	POIDS	
	PAR PIÈCE.	POUR 8m DE VOIE.
4 rails en fer de 18 k. 500 au mètre courant	148k	592k
8 éclisses	1,920	15,360
16 boulons d'éclisses, avec écrous et rondelles	0,220	3,520
22 coussinets en fonte	7,300	160,600
22 boulons fixant les rails aux coussinets, avec écrous et rondelles	0,380	8,360
44 tirefonds fixant les coussinets sur les traverses	0,240	10,560
TOTAL pour 8m de voie		790k400
Soit, pour 1 mètre de voie, 98k 30.		

Le rail est en fer; il a 10 centimètres de hauteur et pèse 18 kilogr. 500 au mètre courant. Le choix du métal résulte de ce que la ligne a été construite vers 1880, époque où le prix de l'acier était supérieur de 6 fr. par 100 kilogr. à celui du fer. Actuellement, les nouveaux rails se font en acier, mais le profil du rail de fer a été conservé.

La notice à laquelle nous empruntons ces renseignements [1] fait connaître que, depuis la construction de la ligne, l'expérience a permis de constater les qualités de cette voie au double point de vue du passage des locomotives et de la circulation des véhicules ordinaires. L'auteur de la notice fait remarquer toutefois que la faible largeur de l'ornière, imposée par le cahier des charges, ne permettant pas de conserver les rails extérieurs à l'écartement de 1 mètre, on a pris le parti de répartir le jeu de la voie à peu près également de part et d'autre des boudins. On a adopté, en alignement droit comme en courbe, une distance de 0m 988 entre les bords intérieurs des rails extérieurs; on a ainsi, en alignement droit, un jeu total extérieur de 10mm et un jeu total intérieur de 11mm. En courbe, le premier reste 10mm et le second devient 17mm.

Indépendamment des deux combinaisons précédentes, qui réalisent l'ornière au moyen de l'emploi de deux rails, il existe un grand nombre de rails spéciaux pour tramways.

Nous citerons, par exemple, le rail Broca, employé sur le tramway de Tours à Vouvray, et représenté, avec la traverse qui le supporte, par les figures 46, 47 et 48.

Le rail Broca a été employé en 1879 à Paris par la Compagnie des tramways Nord; il a été l'objet de plusieurs avis favorables du service municipal,

1. *Revue générale des chemins de fer*, janvier 1887, note de M. Louis Rey.

TRAMWAY DE TOURS A VOUVRAY. — VOIE EN RAILS BROCA

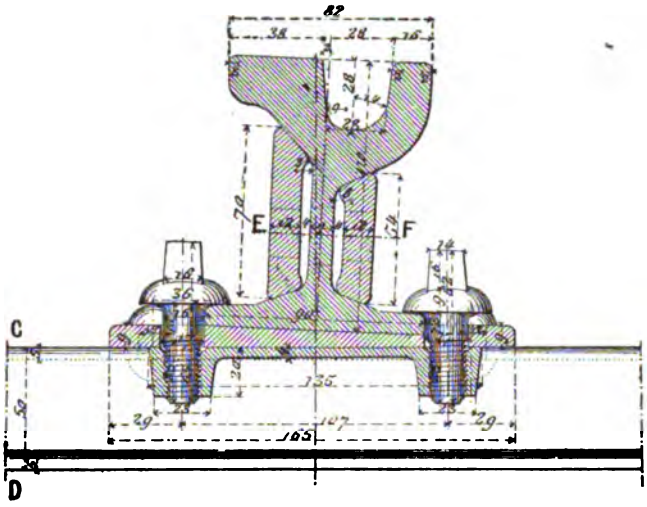


Fig. 46. — Coupe transversale suivant AB. Echelle 1/3

DÉTAIL DU POIDS DE LA TRAVERSE

Corps de la traverse			20k400
2 platines d'inclinaison	1k330		2,660
8 rivets	0,035		0,280
2 plaques écrous	0,130		0,260
4 vis d'attache	0,150		0,600
Poids total de la traverse			24,200

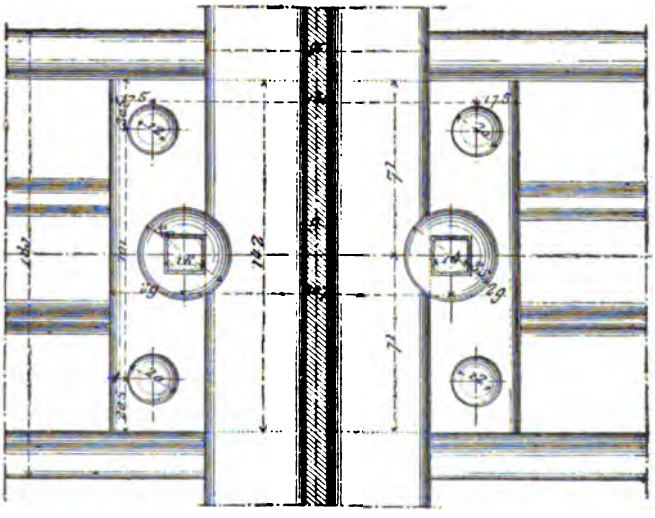


Fig. 47. — Coupe suivant EF. Echelle 1/3.

qui en a préconisé l'adoption sur les voies des tramways de la ville de Paris, comme étant le système le plus simple et le meilleur.

A Paris, le rail Broca est posé sans traverses ; c'est un véritable rail-longrine, qui repose directement sur une fondation en béton, et dont la hauteur est grande (17 à 18 centimètres) : l'écartement des deux files de rails est maintenu par des entretoises transversales. La grande hauteur donnée au rail se justifie par la nécessité de poser la voie dans des chaussées pavées. Sur le tramway de Tours à Vouvray, qui emprunte dans la plus grande partie de sa longueur une route nationale empierrée, on a employé un type de rail d'une plus faible hauteur, posé sur des traverses métalliques cannelées (système Boyenval et Ponsard).

TRAMWAY DE TOURS A VOUVRAY. — VOIE EN RAILS BROCA

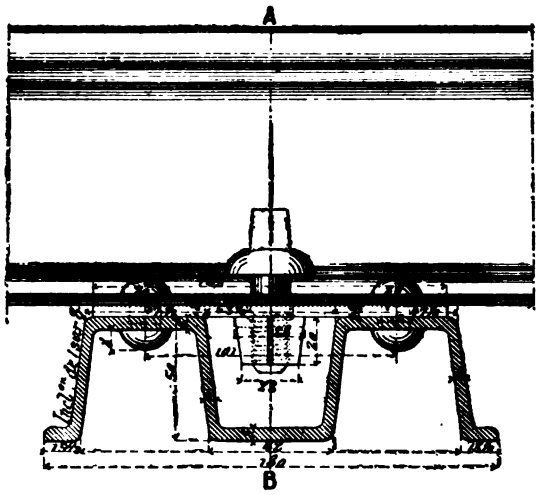


Fig. 48. — Coupe suivant CD. Echelle 1/3.

Le rail est à gorge et à patin ; il a 11 centimètres de hauteur, 82 millimètres de largeur au niveau de la chaussée ; l'ornière a 28 millimètres de largeur et autant de profondeur. Le poids par mètre courant du rail d'acier est de 28 kilogr.

L'éclissage est obtenu au moyen de deux éclisses ordinaires de $0^{m}43$ de longueur et d'inégale hauteur : la plus haute est placée à l'extérieur de la voie. Le poids d'une paire d'éclisses est de $4^{k}580$.

Pour les pavages, le poids du rail d'acier est de $44^{k}300$ par mètre courant ; la paire d'éclisses pèse $12^{k}100$.

Cette voie a donné de très bons résultats et son entretien a toujours été facile depuis l'année 1889, où elle a été posée sur le tramway de Tours à Vouvray.

Nous citerons également la voie Humbert[1], employée sur les tramways de la ville de Tours, employée aussi à Gênes, à Nancy, à Marseille, etc. Elle se compose de rails d'acier à gorge, posés et calés, au moyen de coins en bois et en fer, dans des coussinets qui sont boulonnés sur des traverses d'acier.

Le rail a 110 mm de hauteur, 94 mm de largeur au niveau de la chaussée et une ornière de 32 mm de profondeur et de 28 mm de largeur.

L'éclisse a une forme spéciale avec un talon recourbé sous le rail ; une seule éclisse suffit pour former le joint de 2 rails.

Nous donnons ci-dessous la décomposition du prix de revient de ce système de voie, qui est représenté par les figures 49, 50 et 51 ; les prix admis pour l'acier et le fer sont ceux dont nous nous sommes déjà servi pour l'évaluation du prix de la voie Vignole de 1 mètre de largeur. Ils sont un peu élevés, pour tenir compte d'une hausse possible du prix des métaux.

DÉTAIL POUR 9 MÈTRES DE VOIE SIMPLE (A L'ÉCARTEMENT NORMAL)

	POIDS.	PRIX DE L'UNITÉ.	PRIX D'ENSEMBLE.
2 rails d'acier de 9 m, soit 18 m, pesant 27 k. le mètre..	486 k »	0 f 19	92 f 34
8 traverses en acier de 1 m 70, pesant chacune 13 à 16 k. soit à 16 k.	128 »	0,19	24,32
16 coussinets en fonte de 5 à 6 k. l'un, suivant la hauteur des pavages, soit pour 5 k. 5	88 »	0,15	13,20
2 éclisses en acier de 6 k. 900 l'une, soit	13,80	0,21	2,90
10 boulons à tête de gendarme, pour éclisses	1,88	0,42	0,79
32 boulons pour fixer les coussinets sur les traverses..	4,48	0,42	1,88
16 coins en fer à 0 k. 225, soit	3,60	0,15	0,54
16 coins en bois le cent.	»	0,80	0,13
16 cales en bois (entre les traverses et les coussinets) —	»	0,80	0,13
16 morceaux de toile goudronnée pour les joues des coussinets —	»	1,20	» 19
TOTAUX	725,76		136,42
Pose de la voie (mouvement de terres ou pavages non compris) 9 m à 0 f 50..			4,50
TOTAL			140,92

Soit pour un mètre de voie

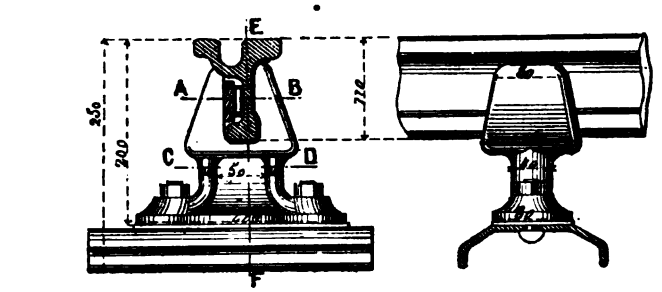
$$\frac{140,92}{9} = 15^{f}\,66$$

pour un poids variant de 80 à 81 k. environ.

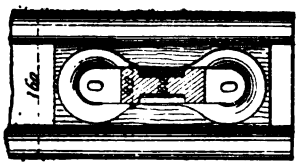
NOTA. — La hauteur des coussinets dépend de celle des pavés employés pour la chaussée.

1. L'inventeur de cette voie est administrateur-directeur de la Compagnie générale française de tramways, à Paris.

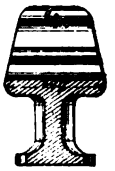
Fig. 49. — VOIE HUMBERT



Coupe transversale de la voie en élévation. Coupe longitudinale en élévation.



Coupe CD et plan.



Coupe EF sans rail.

Coupe AB.

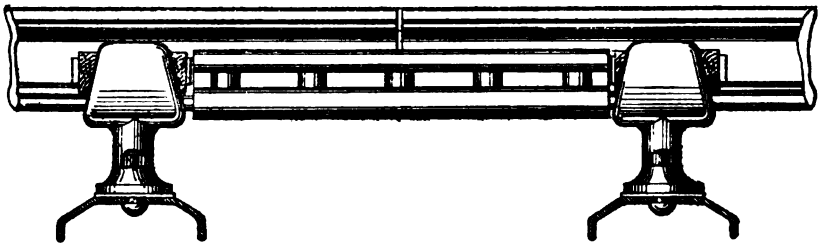


Fig. 50. — Voie Humbert. Joint suspendu en porte à faux.

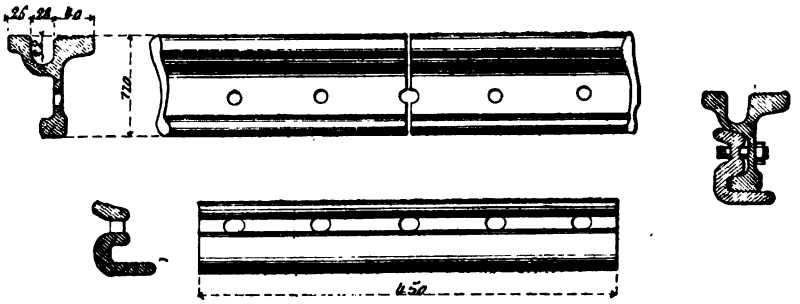


Fig. 51. — Voie Humbert. Eclissage.

Cette voie donne également de très bons résultats et son entretien est facile.

On remarquera que, dans les deux types de voie que nous venons de décrire, la largeur de la gorge est très faible, 28 et 29^{mm}. Elle suffit en alignement droit; au passage des courbes de petit rayon, on peut la porter à 32^{mm} et même plus, si cela est nécessaire.

Accessoires de la voie. — Les appareils divers de la voie, changements et croisements, plaques tournantes, etc., subissent avec la voie de 1 mètre, des modifications et des réductions correspondantes à celles de la voie et du matériel roulant.

Changements de voie. — La figure 52 représente la disposition d'un changement simple (déviation à droite) employé sur le réseau des tramways de Loir-et-Cher. La déviation à gauche est symétrique.

Le rayon de la voie courbe est de 50 mètres.

L'appareil est entièrement formé en rails Vignole de la voie courante. Il est tout à fait analogue à celui qui est employé sur les lignes à voie normale, dont il ne diffère que par quelques détails, par exemple, l'attache des tringles de connexion avec les aiguilles, qui est obtenue au moyen d'un écrou fixé à l'extrémité des tringles traversant les rails.

La longueur totale de l'aiguille est de 3 mètres : celle du rail contre-aiguille est de 3^{m} 60. Le levier de manœuvre, situé à 0^{m} 70 de la pointe de l'aiguille, porte un contre-poids mobile qui permet de maintenir l'aiguille faite à fond pour l'une des deux directions et d'empêcher qu'elle soit entrebâillée.

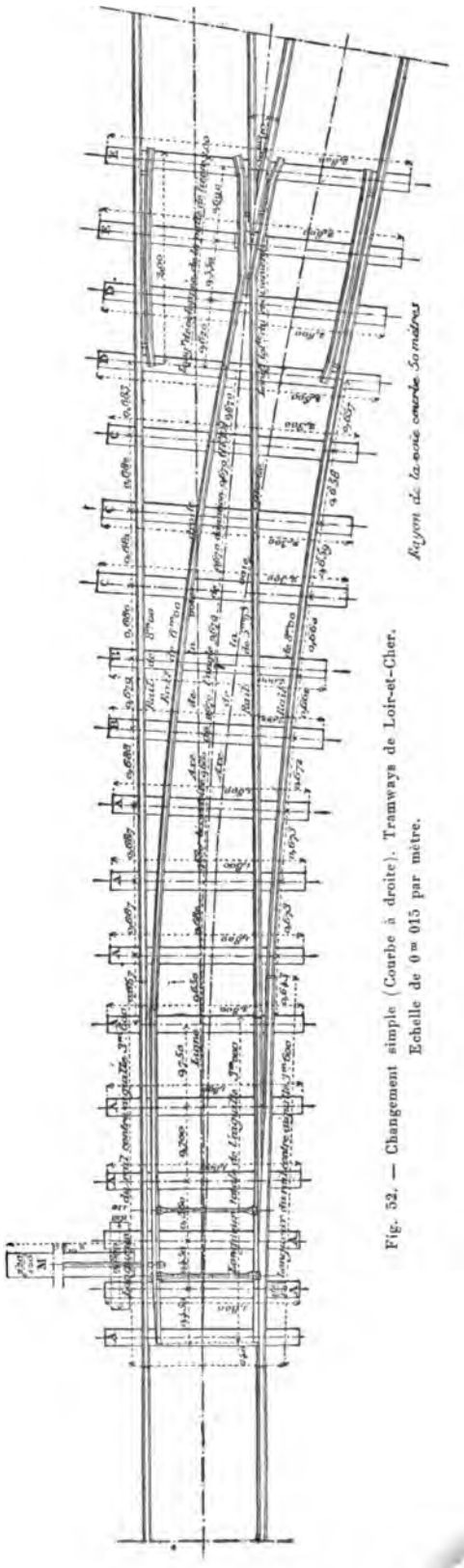


Fig. 52. — Changement simple (Courbe à droite). Tramways de Loir-et-Cher.
Echelle de 0^{m} 015 par mètre.

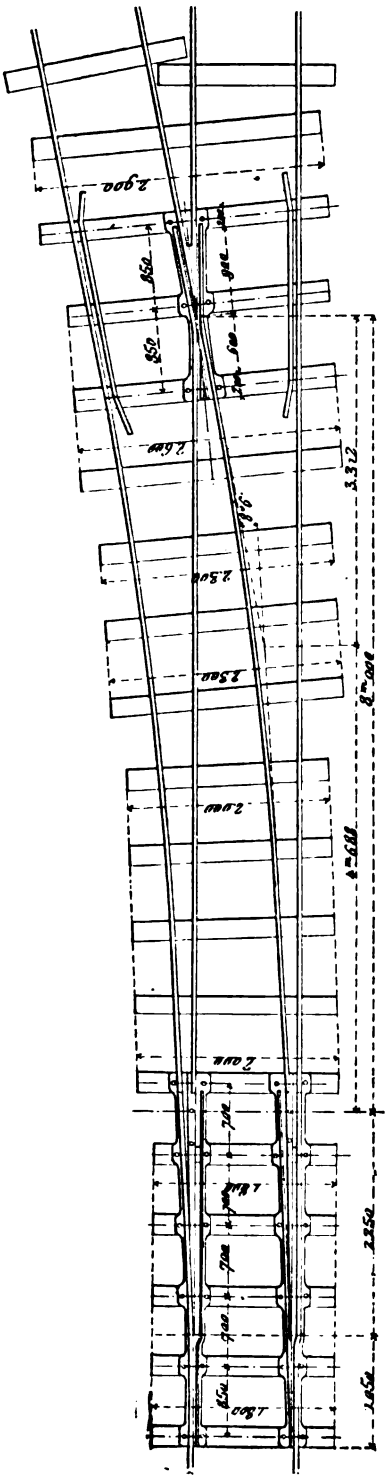


Fig. 53. — Changement simple, à poser dans les chaussées. Tramways de la Côte-d'Or. — Echelle de 0m 013 par mètre.

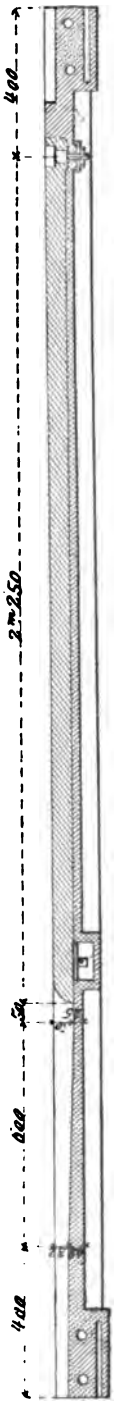


Fig. 54. — Coupe longitudinale suivant l'axe de l'aiguille. — Echelle de 0m 05 par mètre.

La pose de l'appareil exige l'emploi de cinq types spéciaux de traverses, indépendamment de la pièce de bois spéciale qui supporte le levier de manœuvre. Les traverses A, B, C, D, E, ont respectivement 1m 80, 2m, 2m 30, 2m 60 et 2m 80 de longueur ; elles ont uniformément 0m 16 de largeur sur 0m 12 d'épaisseur.

Ce type de changement convient bien pour les raccordements des voies accessoires ; si l'on avait à établir une bifurcation en pleine voie, ce qui est d'ailleurs assez rare sur les lignes à voie étroite, il conviendrait de donner à la courbe de raccordement un rayon plus grand. On y parviendrait en adoptant pour le croisement un angle plus aigu, correspondant, par exemple, à une tangente de 0m 10 ou 0m 11.

Sur la ligne de Beaune à Arnay-le-Duc, on a employé un appareil de changement de voie en chaussée, sur lequel il y a lieu d'appeler l'attention. Nous le représentons par les figures 53 et 54.

Il offre l'avantage de dispenser de tout levier de manœuvre et de pouvoir être posé sur une chaussée qu'on cylindre après la pose. La partie intéressante de l'appareil consiste dans les aiguilles, en acier chromé (élastique et dur), calées suivant la direction qu'on veut donner à l'entrée. Les trains prenant les aiguilles en pointe trouvent la voie faite ; les machines et

les voitures qui prennent les aiguilles par le talon ouvrent la voie à l'aide de la pression exercée par le boudin sur les aiguilles, qui se déplacent en vertu de leur élasticité et reprennent leur position primitive après le passage du train.

Pour changer l'entrée, il suffit de déplacer deux petites cales situées près du talon des aiguilles. Les appareils de changement et de croisement sont en fonte hématite trempée. Le prix de l'ensemble est de 750 francs, rendu à pied d'œuvre. L'angle du croisement est de 11°, avec une courbe de 50 mètres de rayon.

Plaques tournantes. — Les plaques tournantes employées sur les tramways de Loir-et-Cher servent à la fois pour la manœuvre des wagons et pour celle des machines. Elles ont 3^m de diamètre et sont construites d'une manière tout à fait analogue à celles des grandes lignes, c'est-à-dire qu'elles se composent essentiellement :

1° D'un plateau supérieur mobile, en fonte, sur lequel sont placées les voies, et relié à un pivot central à grain d'acier;

2° D'un plateau inférieur fixe servant de fondation et portant la crapaudine du pivot;

3° De galets de roulement coniques en fonte, roulant entre les deux plateaux, lesdits galets reliés par des bras à un collier qui entoure ce pivot;

4° D'une cuve en fonte retenant le ballast autour de l'appareil.

Indépendamment des deux voies rectangulaires que comporte toute plaque tournante, la cuve est disposée de manière à recevoir également deux voies diagonales à 45°.

Les galets de roulement ont, en service, un diamètre moyen de 300^{mm}; au moment de la fabrication, ce diamètre est porté à 303^{mm}, afin de compenser l'usure produite par le frottement. Le pivot est d'ailleurs disposé de manière à permettre de rattraper cette usure.

Le prix de ces appareils est de 1 600 fr. savoir :

Plaque de 3^m de diamètre du poids de $4\,500^k$ en gare.	$1\,500^f$	1 600 fr.
Transport à pied d'œuvre et pose.....	100^f	

Traversées de voies. — Nous n'avons rien de particulier à dire au sujet de la traversée de deux voies de largeur égale ; elle se fait comme en voie normale, elle est d'ailleurs peu employée.

Mais nous devons faire connaître les dispositions adoptées dans le cas, assez fréquent, où une ligne à voie de 1 mètre traverse à niveau une ligne à voie normale. Les figures 55 à 59 réprésentent l'ensemble et les détails de la traversée oblique de la ligne d'Orléans (de Limoges à Périgueux) par le

tramway de Périgueux à St-Pardoux (Dordogne). Deux appareils semblables ont été posés sur les tramways de Loir-et-Cher à la traversée de la ligne de Romorantin à Blois.

Ils sont composés de la manière suivante :

A l'emplacement de la traversée, les rails ordinaires de la grande et de la petite voie sont enlevés et remplacés par un ensemble de rails spéciaux à ornière en acier, reposant sur un châssis en bois. Aux points de raccordement des rails ordinaires avec les rails à ornière sont établis des coussinets spéciaux en fonte, qui sont fixés par des tirefonds ordinaires sur le châssis en bois ; c'est dans ces coussinets que viennent se rejoindre les abouts des rails. L'entrée des rails à gorge est ménagée au moyen de contre-rails ordinaires. L'appareil ainsi établi présente une grande solidité et il assure à chacune des voies la rigidité et la continuité qui leur sont indispensables. Il est en service depuis quatre ans environ sur les tramways de la Dordogne et de Loir-et-Cher ; il a toujours donné de bons résultats.

Son prix de revient est, d'ailleurs, assez élevé ; les dépenses d'installation sur les tramways de Loir-et-Cher se sont élevées à 16396 fr. 90 pour deux traversées, y compris tous les accessoires, signaux, enclenchements, etc., soit un peu plus de 8000 fr. pour chacune.

Indépendamment de cette dépense d'installation, la Compagnie des tramways a également à payer les frais de garde et de manœuvre des appareils de protection (disques carrés d'arrêt absolu) établis par la Compagnie d'Orléans dans les quatre directions que forme la traversée.

Sur le tramway de Cambrai à Catillon, construit avant 1881, la Compagnie du Nord avait établi un appareil un peu différent, pour le croisement à niveau du tramway avec la ligne de Busigny à Somain (angle de 40° 45').

La disposition adoptée est analogue à celle des traversées obliques ; elle ne comporte que des rails du Nord, même sur la petite voie et comprend 8 croisements (la ligne de Busigny à Somain étant à double voie), identiques de construction ; au voisinage de ces croisements, les traverses sont solidaires.

La figure 60 représente le plan de la traversée de l'une des voies de la grande ligne.

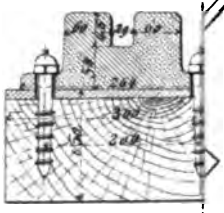
En dehors des croisements, le rail et le contre-rail, boulonnés ensemble, reposent sur les traverses par l'intermédiaire de plateaux en chêne de 80^{mm} d'épaisseur, que traversent les tirefonds.

Les croisements sont constitués d'une façon spéciale. Si l'on considère l'un de ces croisements, les deux parties situées de part et d'autre de l'axe de symétrie sont identiques ; les deux rails extérieurs du croisement sont continus, mais infléchis à la rencontre de l'axe de symétrie, suivant un angle

Fixation des rails

(Voie des Tramwa

Fig. 58. Coupe e



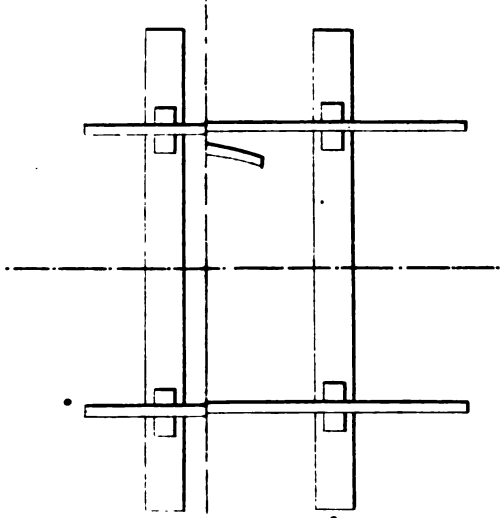
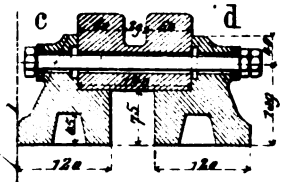
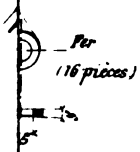


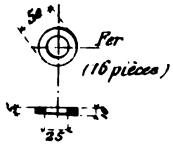
Fig. 57. Coupe cd.



lle c.



Rondelle d.



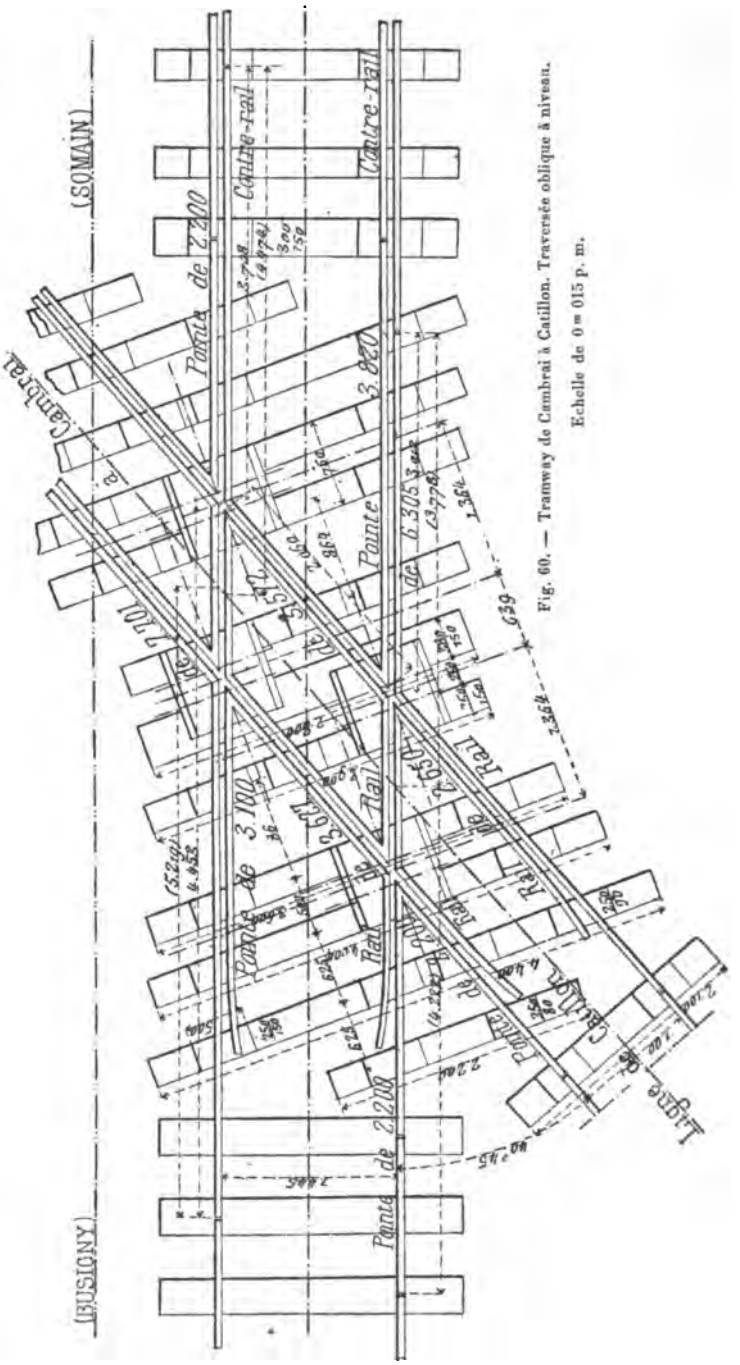
Baudry et Cie Éditeurs à Paris.

Autog. F. Gillet. – Imp. Monrocq. Paris.

supplémentaire de celui du croisement. Les rails intérieurs sont discontinus ; de chaque côté de l'axe de symétrie, deux rails forment pointe, les champignons et les patins étant taillés en biseau. Les âmes, collées l'une contre l'autre, se prolongent presque jusqu'à l'axe de symétrie et sont boulonnées entre elles dans le voisinage de la pointe. En outre, les rails formant pointe sont réunis intérieurement par une éclisse cintrée.

Chaque croisement repose sur les traverses par l'intermédiaire d'un plateau en chêne de 65 mm d'épaisseur et d'une plaque de fer de 15 mm.

Cet appareil est également fort solide et assure la rigidité et la continuité de chacune des voies. Il s'est parfaitement comporté depuis la pose et n'a donné lieu, en dehors de l'entretien normal, assuré par la Compagnie du Nord, à aucune réparation supplémentaire [1].


(SOMAIN)
(BUSIGNY)
Cambrai
Pointe de 2.200
Pointe de 2.100
Pointe de 3.180
Pointe de 3.820
Pointe de 6.305
Pointe de 2.208
Pointe de 2.100
Pointe de 2.100
Pointe de 2.100

peu plus élevés pour les rails et le petit matériel que les prix correspondants de la voie normale :

Rails en acier.....	190 f	la tonne.
Eclisses en acier.....	210 f	—
Boulons d'éclisses.....	425 f	—
Tirefonds.....	450 f	—
Coussinets en fonte.....	150 f	—
Traverses en bois..... ...	3 f	la pièce.
Coins en bois.....	0 f 09	la pièce.

Dans ces conditions, le prix d'un mètre courant de voie Vignole posée en rail de 18 kil., non compris le ballast, peut être évalué, ainsi que nous l'avons vu, à..... 13 f 47

D'après M. Bricka, le mètre courant de voie est évalué aux prix suivants par les diverses Compagnies qui exploitent des lignes à voie de 1 mètre : ces prix ne comprennent que le matériel de voie, sans le ballast ni les frais de pose.

Société générale des chemins de fer économiques.

Voie Vignole en rails de 20 kil..... 12 f 62 le mètre courant.

Compagnie des chemins de fer départementaux.
Chemins de fer de la Corse.

Voie à double champignon en rails de 22 kil.. 16 f 98 le mètre courant.

Tramways de Loir-et-Cher.

Voie Vignole en rails de 15 kil..... 10 f 08 le mètre courant.

Les prix des appareils de la voie sont les suivants :

Changement de voie complet (Tramways de Loir-et-Cher) avec son croisement et bois spéciaux, raboté et posé..... 600 f

Changement de voie en chaussée (Tramway de Beaune à Arnay-le-Duc) .... 750 f

Plaque tournante de 3 mètres de diamètre, pesant 4500 kilogr. (Tramways de Loir-et-Cher), rendue à pied d'œuvre et posée ..... 1600 f

Traversée à niveau de la voie d'une grande ligne (type des tramways de Loir-et-Cher) y compris tous les accessoires, signaux, appareils de manœuvre, etc..... 8000 f

Ce prix se répartit comme il suit :

Traversée en acier fondu, martelé, raboté, avec contre-rails, boulons, semelles, coussinets, coins, etc	2000f
Bois spéciaux, main d'œuvre pour assemblages, pose et fournitures	800
2 barrières à doubles vantaux de 2m	500
Pose des barrières, maçonnerie et pavage	200
4 mâts de 6m de hauteur à voyants carrés	600
Lanternes, fils d'acier, piquets-poulies, chaînes, tendeurs, tubes en ciment, recouvrements, boulons, etc	500
Enclenchement Vignier	1000
Désengageur	150
Accessoires d'enclenchement, verrou Vignier, support, manivelle, éclisses, tirefonds, poteaux et main d'œuvre	600
Fouilles, maçonneries et travaux divers d'installation d'un poste d'enclenchement, plaques indicatrices, peinture	550
Guérite de gardien	600
Poteaux de ralentissement	50
Transport des matériaux et appareils	300
Gardiennage et divers	150
TOTAL	8000f

§ II. — Lignes à voie de 0m 60.

DIFFÉRENTS TYPES DE VOIE. — Si l'on devait établir une ligne de 0m 60 de largeur en adoptant exactement le même système de voie qu'avec la largeur de 1 mètre, nous n'aurions que peu de chose à en dire. Mais, généralement, l'adoption de cette largeur extrêmement réduite conduit à l'emploi d'un système de voie également réduit au minimum, c'est-à-dire à la voie Decauville sur traverses métalliques. C'est à cette solution qu'on s'est arrêté en construisant le tramway de Pithiviers à Toury.

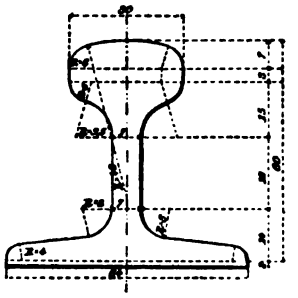


Fig. 61 — Rail de 9 kilogr. 500.

La voie se compose de rails en acier pesant 9 kilogr. 500 au mètre courant (fig. 61), rivés sur des traverses métalliques du système Péchot-Decauville (fig. 62) pesant environ 9 kilogr. Le rail a 0m 06 de hauteur, 0m 064 de largeur de patin et 0m 007 d'épaisseur à l'âme.

La traverse a 1m 094 de longueur, 0m 14 de largeur ; son épaisseur est de 5mm à la partie inférieure, de 10mm aux angles et de 7mm sur le rebord

périmétral ; ce rebord présente une saillie de 29 mm. La traverse est d'ailleurs fermée aux deux bouts par un emboutissage à chaud de l'acier, ce qui est indispensable pour lui assurer un peu d'assiette dans le ballast.

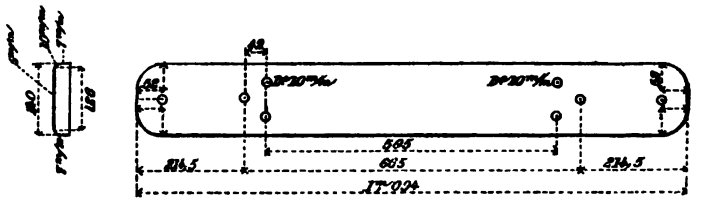


Fig. 62. — Traverse métallique Péchot.

Chaque traverse est réunie aux rails par 6 rivets, dont 4 à l'extérieur de la voie et 2 à l'intérieur. Le nombre des traverses est de 8 par bout de voie de 5 mètres ; l'espacement des traverses est de 0 m 64 environ, sauf pour les traverses contre-joint, où il est réduit à 0 m 522 (fig. 63).

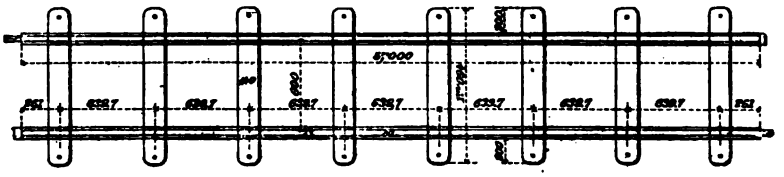


Fig. 63. — Répartition des traverses. Travée de 5 mètres.

Quant aux éclisses (fig. 64), leur longueur est de 0 m 20, leur hauteur, de 0 m 032 ; elles pèsent 35 gr. 25 chacune.

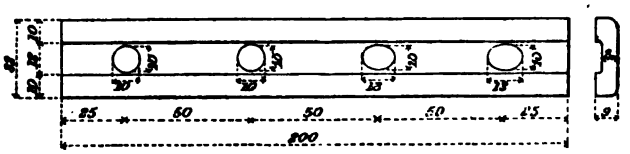


Fig. 64. — Éclisse.

Aucun dévers n'est donné aux rails sur les traverses, et aucun surécartement n'est donné à la voie dans les courbes.

La voie posée dans ces conditions pèse 168 à 169 kilogr. pour une travée de 5 mètres, savoir :

Rails : 2 × 5 × 9 kilogr. 500	95k
Traverses : 8 × 8 kilogr. 830	70,640
Rivets : 48 × 13 gr. 6	0,6624
Éclisses : 4 × 35 gr. 25	1,410
Boulon d'éclisses : 8 × 38 gr. 6	0,3088
TOTAL	168k0212

soit 33 à 34 kilogr. par mètre courant.

C'est également dans ces conditions qu'a été posée la voie de la carrière des Maréchaux, pour remédier aux inconvénients de la première voie Decauville, reconnue insuffisante. D'après M. Tur [1], la voie ainsi constituée s'est parfaitement bien comportée : le ripage est empêché dans tous les sens par le rebord des traverses ; le fléchissement vertical ne se produit pas ; le bourrage des traverses se fait sans difficulté et tient bien ; une courbe de 41 mètres de rayon, établie depuis juillet 1888, n'a été, jusqu'en juin 1891, l'objet d'aucune réparation ni même d'aucun soin d'entretien.

Le poids maximum de la machine appelée à circuler sur cette voie est de 12 tonnes (locomotive articulée, système Mallet); la charge sur un essieu atteint 3000 kilogr., soit 1500 kilogr. par roue. M. Tur fait remarquer que, dans la voie considérée, le travail du métal atteint un chiffre un peu trop élevé et qu'il serait préférable d'adopter, en même temps que la traverse Péchot, un rail de profil plus robuste et de poids plus fort, de 12 kilogr. par exemple.

En effet, le rivetage du rail sur les traverses réalise un encastrement parfait ; on peut donc admettre que l'effort moléculaire maximum du rail est donné par la formule

$$R = \frac{1}{8} PL \frac{n}{I},$$

dans laquelle

P est la charge roulante,

L, la distance d'axe en axe des traverses,

$\frac{I}{n}$ le moment d'inertie du rail divisé par la distance des fibres extrêmes à la fibre neutre.

Si l'on admet, comme M. Mussy, ingénieur en chef des mines [2], que, pendant le roulement des trains, suivant l'état d'entretien de la voie, l'importance des mouvements de lacet et de galop, une roue peut être complètement déchargée, tandis que la charge de l'autre peut être doublée, on devra prendre

$$P = 3000^k.$$

On a, d'ailleurs,

$$L = 0^m 6397,$$

$$\frac{I}{n} = 0{,}000017586.$$

1. *Annales des Ponts et Chaussées*, juillet 1892. Article cité.
2. *Annales des Ponts et Chaussées*, juillet 1890. Dimensions et profils des rails.

La formule donne dès lors

$$R = 13^k\,63,$$

effort qui dépasse celui qu'on admet généralement pour les rails d'acier (10 kilogr. environ).

En combinant un rail de 12 kilogr. et de $0^m\,07$ de hauteur avec l'emploi des 8 traverses, on a

$$\frac{I}{n} = 0{,}000023258,$$

et la formule donne

$$R = 10^k\,31.$$

Le rail qui remplit cette condition est représenté figure 65 ; il a $0^m\,07$ de hauteur, $0^m\,07$ de largeur de patin et $0^m\,008$ d'épaisseur d'âme. L'éclissage est assuré au moyen d'éclisses à patin à 4 trous, de $0^m\,25$ de longueur (fig 66 et 67). Il présente donc des conditions de rigidité et de solidité bien plus satisfaisantes.

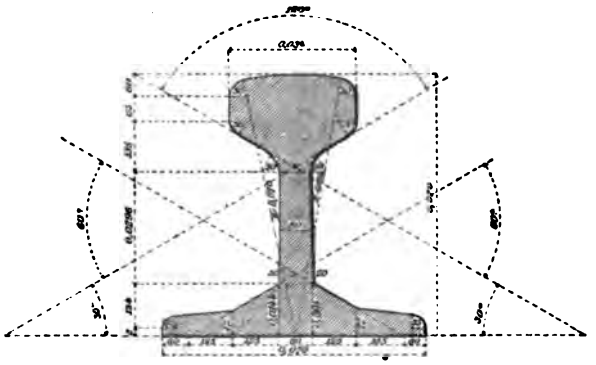


Fig. 65. — Rail de 12 kilogr.

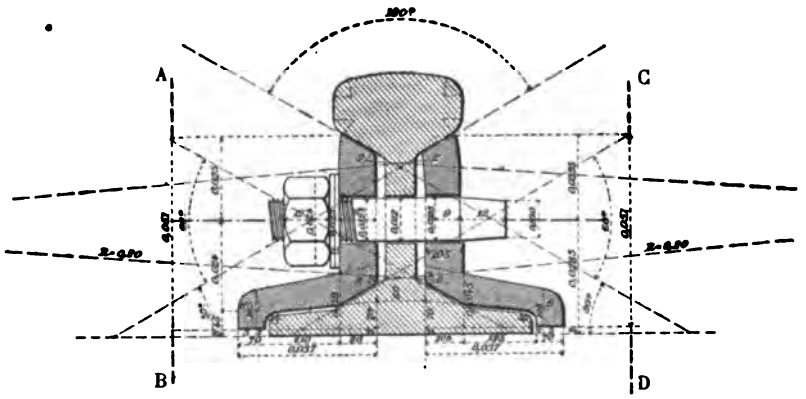
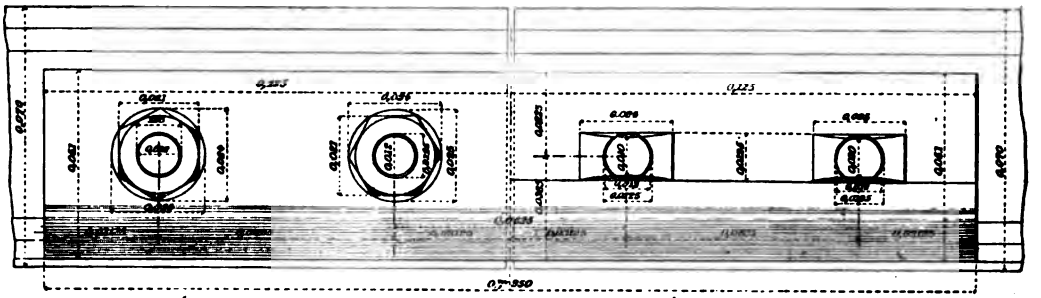


Fig. 66. — Éclissage du rail de 12 kilogr. Coupe transversale.

Ce rail peut être posé, soit sur la traverse Péchot, soit sur la traverse Grille, qui est plus résistante, et qui permet de donner au rail un dévers convenable.



Élévation suivant AB. Élévation suivant CD.

Fig. 67. — Éclissage du rail de 12 kilogr.

Cette traverse (fig. 68) a 0 m 164 de largeur et 1 m 12 de longueur; l'épaisseur du métal est de 5 mm 5; les angles sont renforcés, ainsi que la partie inférieure du rebord. La hauteur totale de la traverse est portée à 0 m 045. En outre, la table supérieure présente, à l'emplacement des patins du rail, deux plans inclinés de 75 mm de longueur, destinés à réaliser l'inclinaison du rail à l'intérieur de la voie.

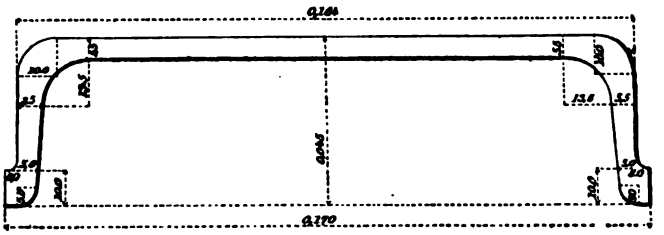


Fig. 68. — Traverse Grille. Coupe transversale.

La voie de 0 m 60 emploie encore un rail plus robuste, de 15 kilogr. au mètre courant (fig. 69).

Ce rail, de 0 m 095 de hauteur, a 0 m 07 de largeur de patin et 0 m 010 d'épaisseur à l'âme; il est éclissé comme le rail de 12 kilogr., et se pose sur les mêmes traverses que ce dernier.

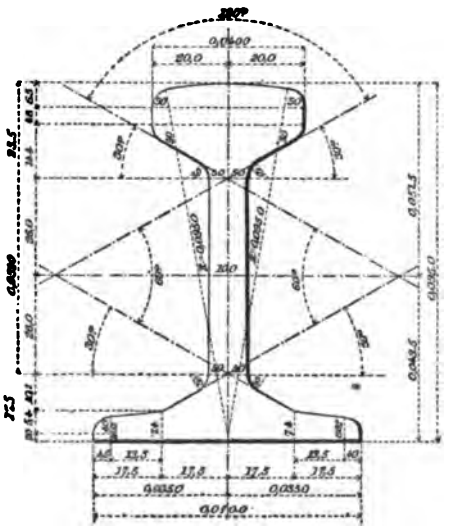


Fig. 69. — Rail de 15 kilogr.

Prix des divers types de voie. — Bien que le rail de 9 kilogr. 500 nous paraisse bien faible, en général, on peut être conduit à l'employer sur certaines voies destinées

à être parcourues par des machines très légères; nous évaluerons donc le prix de la voie dans les trois hypothèses suivantes :

Rail de 9 kilogr. 500 sur 8 traverses Péchot;
Rail de 12 kilogr. sur 8 traverses Grille;
Rail de 15 kilogr. sur 7 traverses Grille.

En admettant les prix courants du catalogue Decauville (août 1892), le prix de revient s'évalue comme il suit :

Voie en rails de 9 kilogr. 500 sur 8 traverses Péchot (Travées de 5 mètres de longueur).

Le mètre courant de voie métallique droite.....	10f70
Ballast (0m 20 d'épaisseur sur 2 mètres de largeur moyenne) soit 0m3 400 à 3 fr. 50.....	1,40
Pose et frais divers.....	1,50
	13,60

soit 13 600 fr. par kilomètre pour la voie ballastée.

Voie en rails de 12 kilogr. sur 8 traverses Grille (Travées de 5 mètres de longueur).

Le mètre courant de voie métallique droite.....	14f55
Ballast (comme ci-dessus).....	1,40
Pose et frais divers.....	1,60
	17,55

soit 17 500 fr. par kilomètre pour la voie ballastée.

Voie en rails de 15 kilogr. sur 7 traverses Grille (Travées de 5 mètres de longueur).

Le mètre courant de voie métallique droite.....	15f25
Ballast (comme ci-dessus).....	1,40
Pose et frais divers.....	1,80
	18,45

soit 18 500 fr. par kilomètre pour la voie ballastée.

Il y a lieu de remarquer, d'ailleurs, que les prix ci-dessus ne s'appliquent qu'à la voie en ligne droite : il y a un petit supplément de prix pour les voies en courbe.

Accessoires de la voie. — La voie de 0m 60 comporte des appareils de changements analogues à ceux de 1 mètre; ils sont faits avec des rayons de 20, 30 et 50 mètres et comprennent quatre pièces, dont trois pour le croisement et une pour l'aiguille et le mouvement d'aiguille.

Il existe également des plaques tournantes de 2 mètres et 2^{m} 25 de diamètre, avec cuvelage en fonte, d'un modèle analogue à celui des grandes lignes.

§ III. — Entretien de la voie.

La voie des petits chemins de fer doit, comme celle des grandes lignes, être entretenue de telle sorte que la circulation y soit toujours facile et sûre. Mais, comme la vitesse des trains y est moins grande et les charges moins lourdes, la main d'œuvre d'entretien est moins considérable sur les lignes à voie étroite que sur les autres.

La voie étant posée suivant son profil normal, le personnel attaché à l'entretien doit la maintenir constamment, en plan et en profil, suivant ses dispositions primitives ; il doit, en outre, procéder au remplacement du matériel et du ballast hors d'usage.

Lorsque la voie tend à se déformer, on la rétablit en plan et en profil au moyen d'une série de *dressages* et de *bourrages*.

Le dressage se fait avec des pinces à riper, leviers de forme ronde, pointus à une extrémité et longs d'environ 1^{m} 20 à 1^{m} 50[1]. Après avoir dégarni les traverses du ballast qui les entoure, afin de diminuer la résistance, les ouvriers qui doivent dresser la voie en plan enfoncent leurs pinces la pointe en terre, en la plaçant verticalement contre le rail, puis ils donnent simultanément des secousses qui poussent celui-ci et le ramènent à la place qu'il doit occuper.

Le bourrage se fait en soulevant la voie et en comprimant le ballast sous les traverses à coups de *batte* ou *pioche à bourrer*[1]. C'est une pioche dont le bout est élargi et rond, au lieu d'être pointu et tranchant. Pour soulever la voie, on se sert d'un levier appelé *anspeck*[1], de 2^{m} 50 à 3 mètres de longueur ; on l'appuie sur un bloc de bois reposant sur le ballast et on engage le bout de l'anspeck sous le rail ou sous une traverse ; on pèse à l'autre bout sur le levier pour soulever la voie, pendant que d'autres ouvriers procèdent au bourrage. On peut aussi remplacer l'anspeck par des crics ou des vérins qui maintiennent la voie relevée, sans qu'on ait besoin d'y laisser un homme ; mais il faut avoir soin alors que ces outils ne puissent causer aucun accident, en cas de passage d'un train pendant l'opération.

Les remplacements de matériel peuvent se faire par deux méthodes : l'entretien en recherche ou par renouvellements généraux. « La première méthode, dit M. Bricka, consiste à remplacer les divers éléments un à un,

1. Voir Annexe C.

à mesure qu'ils deviennent hors de service; la seconde consiste à les remplacer tous à la fois. Les remplacements partiels sont inévitables dans tous les cas; si un rail ou une traverse devient hors d'usage, si un coussinet est brisé, on ne peut attendre l'époque du renouvellement général pour les remplacer; mais, lorsqu'on procède par renouvellements généraux, on ne fait que les remplacements partiels urgents; on y utilise, autant que possible, les matériaux de second emploi, c'est-à-dire ceux qui, quoique ayant déjà servi, sont encore en état de durer quelque temps, et, lorsqu'on estime qu'une voie est arrivée à un état d'usure assez avancé, on la refait en entier avec des éléments neufs. »

La méthode des renouvellements généraux est surtout employée sur les voies anciennes des grandes lignes, où l'on est obligé de changer les rails; mais, sur les petites lignes à voie d'un mètre, de construction plus récente, et habituellement armées en rails d'acier, on se contente le plus souvent de l'entretien en recherche.

Quant au remplacement ou au purgement du ballast, il se fait, en général, en même temps que le renouvellement du matériel; les deux opérations peuvent toutefois se faire séparément.

Le personnel chargé de l'entretien se compose d'agents permanents et d'ouvriers auxiliaires. Les agents permanents sont des ouvriers appelés *poseurs*, réunis sous les ordres d'un chef d'équipe ou brigadier, qui travaille en même temps que ses hommes. Les équipes sont chargées, non seulement de l'entretien de la voie, mais encore de celui de la plate-forme, des fossés, des clôtures et barrières, quand il en existe, du nettoyage des cours des gares, sur une certaine longueur de ligne appelée *canton*. L'effectif des brigades et la longueur des cantons dépendent nécessairement de l'importance de la circulation. Pour la voie de 0^{m} 60 comme pour la voie de 1 mètre, il ne paraît guère possible de donner plus de 3 kilomètres à 3 kilom. 300 par homme; avec des équipes de quatre hommes, y compris le brigadier, cela conduit à une longueur de canton d'environ 12 kilomètres.

Quand, par suite de circonstances spéciales ou de la nécessité de faire des remplacements importants de matériaux, une équipe se trouve insuffisante, on lui adjoint des ouvriers auxiliaires; mais il ne faut recourir à cette mesure qu'en cas d'absolue nécessité, parce que les auxiliaires sont toujours moins bons ouvriers que les poseurs de la voie.

Sur le réseau de l'État, on a mis à l'essai depuis trois ans un système qui a donné d'excellents résultats et qui nous paraît pouvoir être appliqué sur les lignes à voie étroite : c'est la suppression complète du groupement des hommes et la substitution de poseurs isolés aux anciennes brigades de l'entretien. Le brigadier travaille alternativement avec chacun de ses

hommes, quand il n'est pas lui-même occupé à la surveillance de la voie; il ne les réunit que pour les manœuvres à faire, transports de matériel, remplacements de traverses, etc. Pour les relevages de la voie, les poseurs isolés emploient, au lieu d'anspecks, des crics ou des vérins, qui permettent à un seul homme de relever la voie à hauteur et d'en faire le bourrage. D'après M. Bricka, cette méthode a permis de donner à chaque poseur isolé une longueur de 3000, 3500 et même 4000 mètres; chaque brigadier surveille trois ou quatre hommes. Sur les lignes à voie étroite, l'application de ce mode d'entretien permettrait probablement d'augmenter encore la longueur du canton entretenu par chaque poseur; il y a donc lieu de la recommander tout spécialement.

Nous donnons à l'annexe C l'énumération des objets dont doit être munie une équipe de pose de voie; ce sont à peu près les mêmes qui servent pour l'entretien. Avec la voie de 0^m 60 en rails rivés sur traverses métalliques, il faut en outre avoir un ciseau, un burin, un chasse-rivets, une boîte à contenir les rivets et un tas en fonte pour glisser sous les traverses, afin de permettre de faire sur place le remplacement des rivets cassés.

CHAPITRE II

GARES ET STATIONS

§ 1er. — Dispositions d'ensemble. — Types à adopter. — Stations réduites pour tramways.
§ 2. — Bâtiments. — Dispositions à adopter. Voyageurs, marchandises.
§ 3. — Stations à service restreint du réseau d'Orléans. Définition du service restreint. Dispositions adoptées pour le réaliser.
§ 4. — Gares de contact et de transbordement. — Différents modes de transbordement. — Exemples de gares de contact.
§ 5. — Alimentation des machines. — Pulsomètres. — Ejecteurs. — Pompes. — Grues-réservoirs. — Dispositions d'un poste d'alimentation.
§ 6. — Trafic probable d'une station et d'un chemin de fer. — Principales méthodes employées. — Méthodes Michel, Cossmann, Baume. — Nécessité d'une étude directe des ressources de la région traversée.

§ 1er. — Dispositions d'ensemble.

Les dispositions à adopter pour les stations ont une grande importance, encore plus peut-être sur les lignes à voie étroite que sur les autres, en raison du trafic modeste qu'elles ont généralement à desservir et de la nécessité qui s'impose de les constituer en vue d'une exploitation très économique.

On peut admettre que, dans la plupart des cas, les lignes à voie étroite seront, pendant longtemps, desservies uniquement par des trains mixtes; pour satisfaire aussi économiquement que possible aux nécessités du trafic des voyageurs et des marchandises, ces trains pourront probablement être de deux espèces : les uns, trains mixtes proprement dits, se rapprochant du caractère et de la vitesse des trains de voyageurs, ne contiendront que des wagons complets à prendre ou à laisser dans les stations; les autres, qu'on pourrait appeler des trains de *Marchandises-voyageurs*, suivant une dénomination usitée à la Compagnie du Nord, seront plutôt des trains de marchandises transportant accessoirement des voyageurs.

Cette organisation des trains est rationnelle et économique, et l'expérience faite sur diverses lignes à voie étroite, telles que celle de Hermes à Beaumont et celle d'Anvin à Calais, ainsi que sur les groupes secondaires à voie

normale de la Compagnie du Nord, en a démontré l'efficacité. Les dispositions des gares devront donc être étudiées en vue de l'exploitation par trains mixtes et les voies installées de manière à assurer le service avec le plus petit nombre d'agents possible, en réduisant au minimum la durée du stationnement des trains dans les gares; cette dernière condition est très importante à remplir, afin de ne pas rendre insupportable pour le public le mode d'exploitation par trains mixtes.

Dans certains cas, d'ailleurs, il pourra être avantageux de donner à quelques trains une allure plus rapide, qui exclue de leur composition les wagons à marchandises; ce cas pourra se présenter, par exemple, par suite de la nécessité d'assurer des correspondances aux extrémités de la petite ligne. On pourra alors avoir recours à l'emploi des trains dits *légers*, dont le régime a été organisé par le décret du 9 mars 1889. Sur ces trains, dont les véhicules sont portés par 16 essieux au plus, on peut, lorsque les véhicules sont munis du frein continu, supprimer le chauffeur et réduire le personnel du train à deux agents : un machiniste et un chef de train. Cette organisation, bien plus commode pour le public que l'exploitation par trains mixtes, pourra être adoptée toutes les fois qu'elle n'entraînera pas, pour le service des marchandises, la création de trains nouveaux dont la mise en marche occasionnerait une dépense de traction hors de proportion avec le trafic de la ligne.

D'ailleurs, les dispositions des stations établies en vue des trains mixtes s'appliqueront fort bien aux trains légers, de sorte qu'en définitive c'est surtout en vue des trains mixtes et des trains de marchandises que ces dispositions doivent être étudiées.

Dispositions d'ensemble. — Nous avons fait connaître dans notre *Traité complet des chemins de fer* (tome II, pages 3 et suivantes) les dispositions à adopter sur les lignes à voie normale dans les différents cas qui peuvent se présenter, suivant la position respective des services de voyageurs et de marchandises et d'après l'intensité du trafic. Ces dispositions s'appliquent également aux lignes à voie étroite, à la condition de réduire la longueur utile des voies, en tenant compte du développement moins considérable des trains qui circulent sur les lignes de cette nature.

Les stations peuvent aussi être établies économiquement, dans le cas d'un trafic très faible se réduisant à quelques wagons par jour, en employant des traversées jonctions, comme on l'a fait dans les types de stations arrêtés pour les chemins de fer de la Corse[1].

1. *Annales des Ponts et Chaussées*, Janvier 1884. — *Revue générale des chemins de fer*, Nov. 1884.

La figure 70 représente les dispositions d'une station installée pour desservir un trafic modeste de 10 à 15 wagons par jour, les voyageurs et les marchandises étant placés du même côté des voies principales.

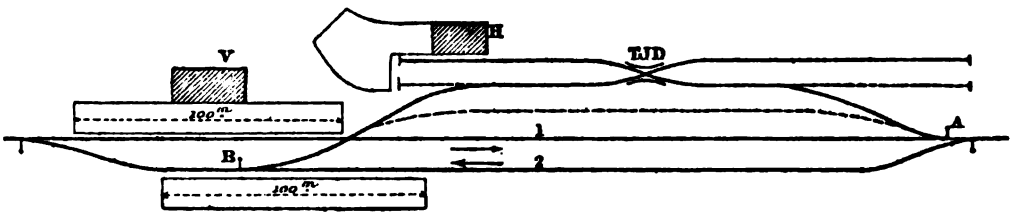


Fig. 70. — Petite station pour ligne à voie étroite. — Type n° 1.

Les installations des marchandises comprennent une voie de 140 à 160 mètres de longueur, terminée en impasse à ses deux extrémités, desservant, du côté du bâtiment des voyageurs et très près de lui, la halle et le quai découvert. Cette voie est reliée en son milieu au moyen d'une traversée-jonction double avec deux bouts de voie se raccordant de part et d'autre aux deux voies principales, l'une à la voie 1 par l'aiguille A, l'autre à la voie 2 par l'aiguille B, après avoir traversé obliquement la voie 1.

Au moyen de cette disposition, les trains pairs et impairs déposent toujours les voitures à voyageurs en face des trottoirs et les manœuvres s'effectuent à la machine pendant que les voyageurs montent ou descendent.

De plus, grâce aux deux bouts de voie existant dans chaque sens, les trains peuvent, par une manœuvre aussi réduite que possible, déposer les wagons à laisser sur l'un des bouts de voie, que la gare a dû rendre libre avant l'arrivée du train, et prendre sur l'autre les wagons préparés à l'avance par la gare entre deux trains consécutifs.

Cette disposition, qui permet en outre la pose de petits bouts de voie éventuels (figurés en pointillé sur la figure), quand le trafic augmente un peu, ne convient toutefois qu'à un mouvement modeste, ne dépassant pas 10 à 15 wagons par jour ; ce cas sera probablement assez fréquent sur les lignes à voie étroite. Une voie de garage, de 150 mètres de longueur utile, est également représentée en pointillé et pourra être posée si c'est nécessaire.

Pour un trafic plus important, il convient de revenir franchement à l'emploi des plaques tournantes, qui a ici d'autant moins d'inconvénients que la manœuvre en est moins pénible que sur les chemins à voie normale. On peut d'ailleurs les remplacer par des chariots.

Quand des circonstances particulières, telles que des difficultés dans les terrains, les accès, etc., obligent à mettre le service des marchandises de l'autre côté des voies, le type de petite station avec traversée-jonction prend la forme représentée par la figure 71.

Les dispositions de ces deux types de stations, qui ont été recommandées par la Commission des chemins de fer de la Corse, conviennent très bien à une exploitation par trains mixtes ; l'expérience qui en a été faite dans un grand nombre de stations des lignes secondaires du réseau du Nord a montré que la durée des manœuvres n'y dépassait pas 5 ou 6 minutes et qu'elle pouvait même être plus courte, lorsque les agents de l'exploitation sont très soigneux. Elle permettent donc d'assurer le service des petites lignes dans des conditions économiques et satisfaisantes.

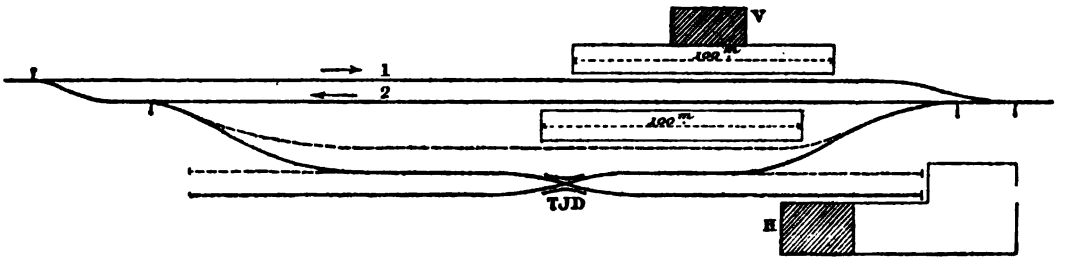


Fig. 71. — Petite station pour ligne à voie étroite. — Type n° 2.

On trouve également, sur la ligne à voie étroite d'Anvin à Calais et sur celle de Hermes à Beaumont, des dispositions de stations qui permettent d'assurer le service dans de très bonnes conditions et qui diffèrent notablement des précédentes. Elles sont représentées par les figures 72 et 73.

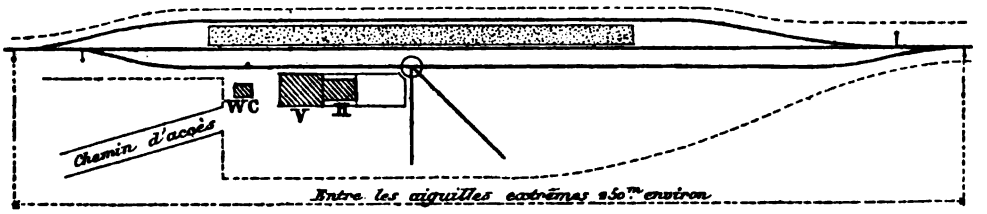


Fig. 72. — Type de station de la ligne d'Anvin à Calais.

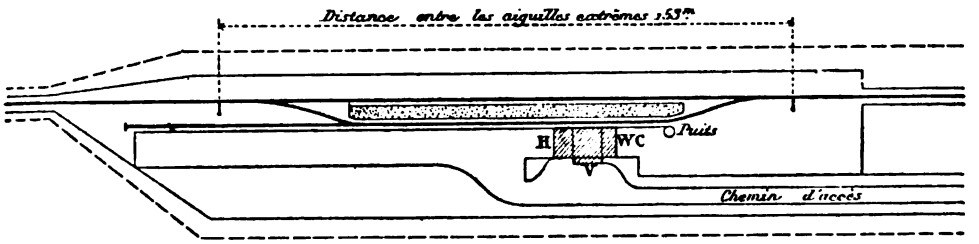


Fig. 73. — Station de la ligne de Hermes à Beaumont (Fresnoy-Morangle). — Echelle 1/2000.

Elles ont pour caractère commun d'accoler la halle à marchandises au bâtiment des voyageurs et de séparer ce bâtiment des voies principales par une voie de manœuvre que parcourent les machines et les wagons pendant le

stationnement des trains ; elles permettent l'emploi à peu près exclusif de la machine pour les manœuvres et n'exigent pas un temps notablement plus long que les dispositions représentées par les figures 70 et 71.

La réunion de la halle et du bâtiment des voyageurs réalise une concentration des services qui est très favorable à une exploitation économique. On remarquera que, dans chacune de ces stations, il n'y a qu'un seul trottoir placé entre les deux voies ; cette solution ne présente pas d'inconvénient, attendu que l'abri est supprimé. En outre, sur la ligne de Hermes à Beaumont, aucune station ne possède de plaque tournante, le matériel de grande et de petite vitesse n'étant jamais tourné.

Les dispositions adoptées pour les stations des tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher ont été étudiées en vue d'un mode spécial d'exploitation, dans lequel toutes les manœuvres ou manutentions dans les gares doivent être faites au passage par les agents des trains ; ces stations sont donc établies d'après un type spécial, approprié à ce service.

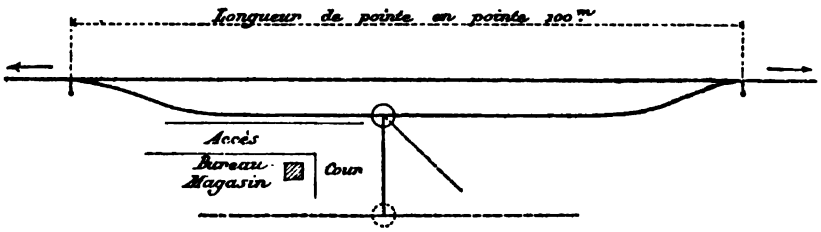


Fig. 74. — Tramways de Loir-et-Cher. — Type de station de passage.

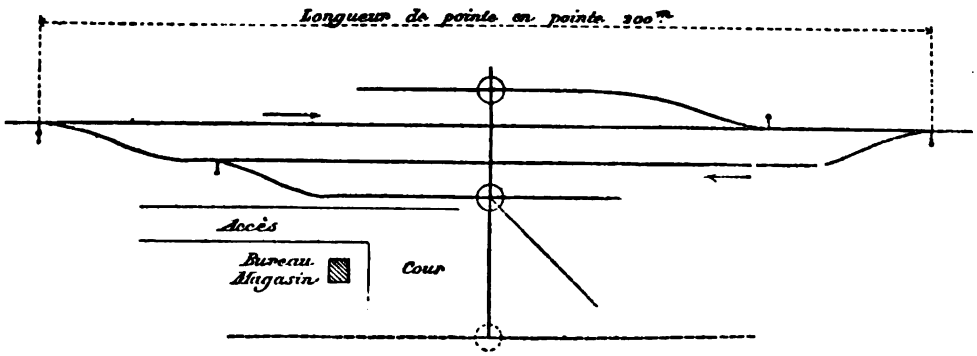


Fig. 75. — Tramways de Loir-et-Cher. — Type de station de croisement.

Nous représentons (fig. 74 et 75) les dispositions adoptées dans les deux cas qui peuvent se présenter, suivant qu'il s'agit d'une station de passage ou d'une station de croisement,

Les stations de passage, c'est-à-dire celles dans lesquelles il n'y a pas en principe de croisement de trains, comprennent (fig. 74) :

1° Une voie d'évitement parallèle à la voie principale, reliée avec elle par aiguille à chaque extrémité et servant à la manœuvre des wagons de marchandises ; cette voie a une longueur de 100 mètres de pointe en pointe des aiguilles ;

2° Une plaque tournante placée au milieu de la voie d'évitement ;

3° Une voie transversale de 15 mètres de longueur environ, servant au stationnement des wagons en chargement ou en déchargement ;

4° S'il y a lieu, un chemin d'accès et une cour empierrée ;

5° A défaut d'auberge à proximité de la station, un petit bureau-magasin en fer et briques de 2^m sur 2^m, avec auvent en saillie de 0^m 70 sur l'un des côtés. Ce bureau est portatif et du modèle adopté pour les guérites de la voie à la Compagnie de l'Ouest.

Il n'existe pas de trottoirs ; l'entrevoie sert de quai à voyageurs. Cette disposition n'a aucun inconvénient, attendu que le marchepied des voitures est à une hauteur suffisamment réduite pour être très facilement accessible.

Les installations ci-dessus, qui réduisent la dépense d'établissement de la gare au minimum indispensable, permettent un service satisfaisant pour les marchandises et les voyageurs, à la condition, bien entendu, que les wagons à marchandises soient placés, comme cela a toujours lieu, en tête des trains ; de cette manière, les manœuvres de la machine se font pendant que les voyageurs montent et descendent.

Ces dispositions peuvent d'ailleurs être complétées, si le trafic l'exige, par l'adjonction des voies et de la plaque représentées en pointillé sur la figure 74.

Les stations du type ci-dessus peuvent à la rigueur permettre le croisement de deux trains, puisqu'elles ont une voie d'évitement de 100 mètres environ et que la longueur des trains est limitée par le cahier des charges à un maximum de 60 mètres ; toutefois celles qui sont normalement destinées aux croisements sont établies d'après un type plus complet, que représente la figure 75.

Ce type comporte une voie de croisement, reliée à la voie principale par deux aiguilles dont les pointes sont distantes de 200 mètres ; sur chacune de ces deux voies est branchée une voie de manœuvre, reliée à la voie transversale par des plaques tournantes.

Cette disposition permet de faire les manœuvres et de laisser descendre ou monter les voyageurs pendant que les deux trains sont en gare.

Les installations très sommaires de ces stations répondent fort bien au programme qui a présidé à l'établissement économique de petits chemins de fer sur routes, destinés à desservir un faible trafic, et l'expérience à démontré que ces installations sont suffisantes pour assurer convenablement le service. Toutefois, en ce qui concerne les voyageurs, elles nous paraissent véritablement trop restreintes et de nature à satisfaire médiocrement le public, obligé d'attendre les trains en restant exposé aux intempéries, lorsqu'il ne veut pas faire usage de la maison du correspondant. Comme le fait remarquer M. Sampité[1], celui-ci est généralement un marchand de vin, très voisin de la station, qui met gratuitement une salle à la disposition des voyageur, avec l'espoir, le plus souvent réalisé, que ceux-ci l'indemniseront largement de ce bon office par les consommations qu'ils y prendront; or, cette situation peut fort bien n'être pas du goût de tout le monde.

Nous pensons qu'il eût été bien facile de donner aux voyageurs un petit abri, suffisant dans la plupart des cas, *sans augmenter d'une manière appréciable la dépense d'installation du chemin*. En effet, sur les lignes de Loir-et-Cher, par exemple, il existe 21 stations qui sont pourvues du petit bureau-magasin en fer et briques, dont le prix de revient est de 800 francs ; il n'est pas douteux que pour 2500 francs on aurait pu établir dans chacune de ces stations un petit abri, comprenant à la fois le bureau et un espace réservé aux voyageurs. Il en serait résulté une dépense supplémentaire de

$$1\,700 \times 21 = 35\,700 \text{ francs},$$

qui, répartie sur les 110 kilomètres de longueur que comprend le réseau, aurait donné une augmentation de 325 francs par kilomètre.

Cette dépense est tellement faible qu'elle eût pu être comprise dans les obligations du concessionnaire, sans changer le prix forfaitaire d'établissedes lignes, lequel est de 40 000 francs.

D'ailleurs, dans diverses localités desservies par des tramways de cette nature, on a demandé, depuis l'ouverture des lignes, la construction de petits abris pour les voyageurs ; le concessionnaire y a consenti, à la condition que le département et la commune prennent chacun à leur charge un tiers de la dépense, qui peut être évaluée à 1 200 ou 1 500 francs en moyenne.

Sous réserve de cette adjonction, les types de stations des tramways établis par M. Faliès nous paraissent très satisfaisants et de nature à être adoptés dans bien des cas, en vue d'une exploitation très économique des lignes à voie étroite.

1. *Les chemins de fer à faible trafic en France.*

§ II. — Bâtiments.

Les bâtiments des stations des petites lignes à voie étroite doivent être établis sur des bases modestes, mais en réservant la possibilité de les agrandir ultérieurement, si l'accroissement du trafic démontre la necessité de cet agrandissement.

Les types de bâtiments des petites stations, dont nous avons fait connaître les dispositions dans notre *Traité des Chemins de fer* (tome II, chap. II), permettent, en général, de répondre aux nécessités de l'exploitation des lignes à voie étroite. Il est rare, en effet, que l'on ait à établir sur ces lignes des stations de moyenne importance ou des gares principales, les villes qui nécessitent ces installations étant généralement desservies déjà par des lignes à voie normale.

Il ne faut pas perdre de vue, d'ailleurs, que ce n'est pas dans les bâtiments des stations qu'on doit rechercher les principales économies à réaliser dans l'établissement des chemins à voie étroite ; c'est bien plutôt dans l'installation des voies et leurs accessoires, dont la dépense est toujours beaucoup plus élevée que celle des bâtiments. On peut, en effet, en supprimant 500 mètres de voie, réaliser une économie de 8000 à 10000 francs, qu'il serait bien difficile d'obtenir par des réductions dans les installations directement destinées au public.

On devra donc, en général, adopter un type de bâtiment comprenant au moins une salle d'attente, un bureau pour la distribution des billets et l'emplacement nécessaire pour l'enregistrement des bagages. C'est le minimum des installations nécessaires. Le bâtiment pourra avoir 12 à 15 mètres de longueur sur 6 à 7 mètres de largeur et il comprendra, au premier étage, un logement modeste, mais commode, pour le chef de gare. Il ne faut pas perdre de vue que, dans des installations de ce genre, la largeur de la voie n'a pas à intervenir et il faut bien se garder de tomber dans ce travers, signalé par M. Bricka, de proportionner le logement du chef de gare à la largeur de la voie.

En ce qui concerne le service des marchandises, on peut recommander un type de halle, emprunté en partie au chemin de fer de Hermes à Beaumont et à celui d'Anvin à Calais, qui a été adopté sur les lignes de la Corse. Ce type, représenté par la figure 76, a une largeur réduite de 5^m à $5^m 50$, généralement suffisante pour le trafic et permettant d'employer pour sa construction des bois courants du commerce; il est, par suite très économique. Cette réduction de largeur a aussi des avantages au point de vue de

l'exploitation; sauf dans des circonstances spéciales exigeant une grande largeur de quai, il est toujours préférable, pour une même surface, d'augmenter la dimension parallèle aux voies, afin d'avoir le plus grand nombre possible de wagons chargés ou déchargés à la fois, et de réduire la dimension perpendiculaire, qui correspond au sens dans lequel se font les transports à bras.

Les portes métalliques en tôle ondulée, analogues à celles qu'on emploie pour les devantures des magasins, à Paris et dans les grandes villes, tiennent peu de place, sont faciles à manœuvrer et ne coûtent pas très cher; elles sont donc à recommander.

Sur les tramways, on n'établit généralement pas de bâtiments, ni pour les voyageurs, ni pour les marchandises; ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, nous croyons qu'il y aurait intérêt à donner aux voyageurs au moins un petit abri, dans lequel ils pourraient attendre les trains sans être exposés à la pluie.

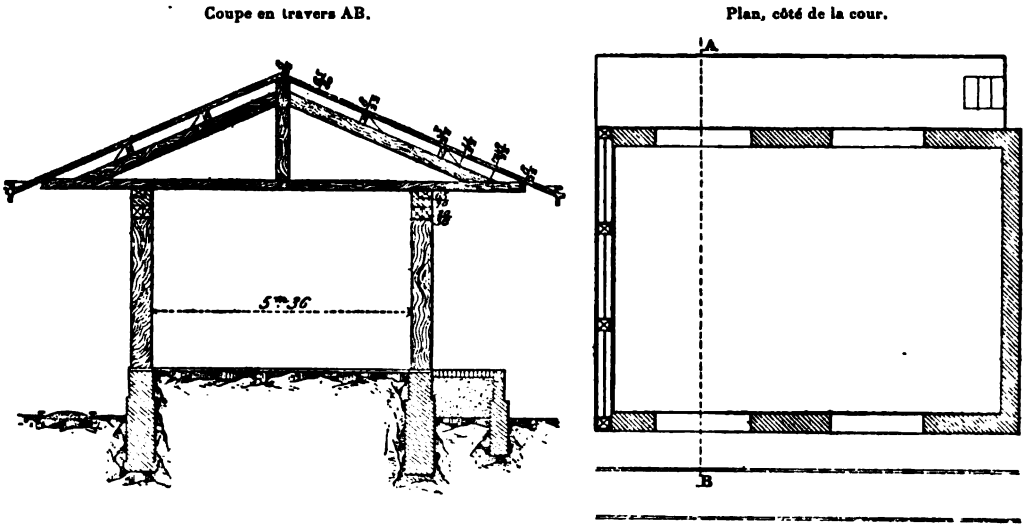


Fig. 76. — Halle à marchandises. Echelle de 0m 0075 par mètre.

Sur le tramway de Beaune à Arnay-le-Duc on a installé, dans ce but, à toutes les stations intermédiaires, un petit abri en charpente et en menuiserie (fig. 77 et 78), divisé en deux compartiments par une cloison, de façon à offrir un petit magasin dans lesquel on dépose les bagages et les colis de la messagerie, et dont le conducteur du train et le préposé de la station ont la clef. Les dimensions de ce petit bâtiment sont très restreintes; il a seulement 4m 89 de longueur sur 2m 89 de largeur, hors œuvre : mais il suffit et rend beaucoup de services en cas de mauvais temps.

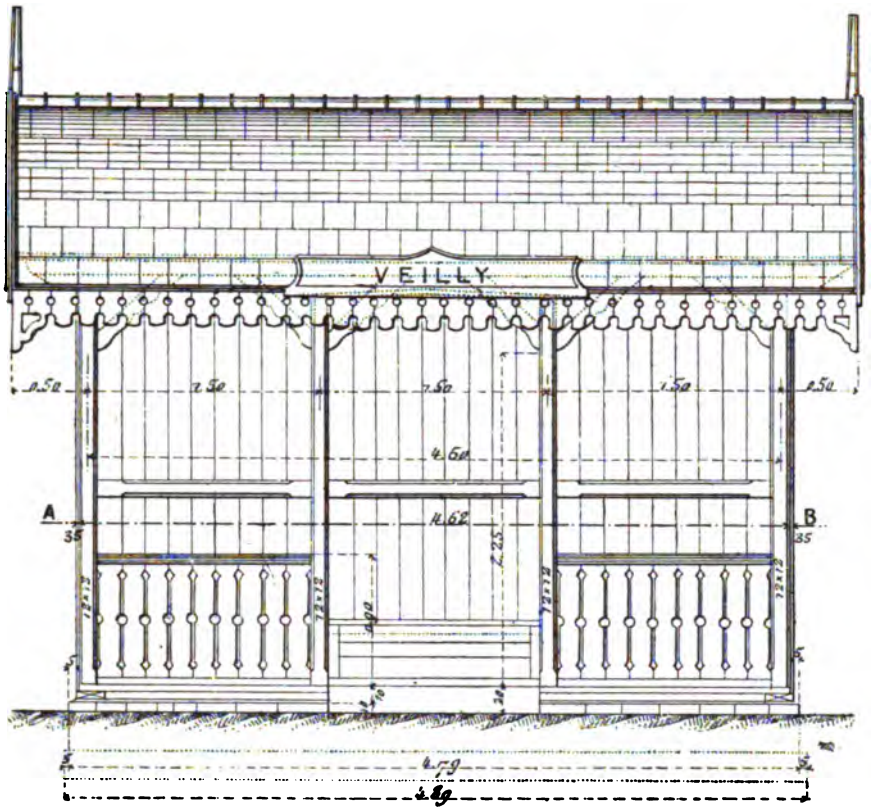


Fig. 77. — Ligne de Beaune à Arnay-le-Duc. Abri pour voyageurs. Elévation de face. — Echelle 1/50.

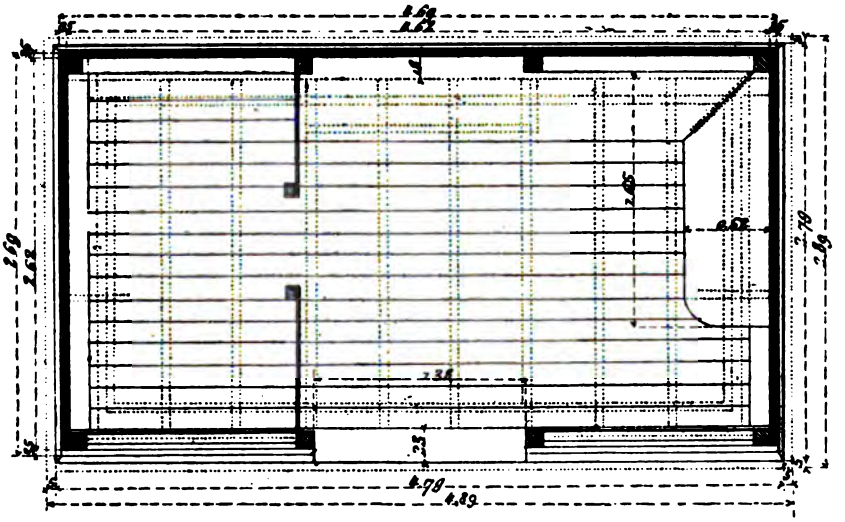


Fig. 78. — Ligne de Beaune à Arnay-le-Duc. Abri pour voyageurs. Coupe horizontale au niveau de AB. Echelle 1/50.

§ III. — Stations à service restreint du réseau d'Orléans.

Les dispositions représentées par la figure 72 (ligne d'Anvin à Calais) se retrouvent, à peu de chose près, dans un type de station qu'il nous paraît intéressant de signaler et qui a été adopté sur les lignes à faible trafic du réseau d'Orléans, incorporées à ce réseau par les conventions de 1883. Ces lignes, malgré leur classement dans le réseau d'intérêt général, ne sont desservies que par trois trains mixtes dans chaque sens et ont bien, en réalité, le caractère d'intérêt local. Il y a donc lieu de dire ici quelques mots des dispositions qu'on a adoptées pour y réduire les dépenses d'établissement et d'exploitation.

Le but que l'on s'est proposé est de pouvoir, sans compromettre la sécurité, simplifier le service de certaines stations peu importantes, de manière à le confier à un seul agent et même à une femme.

On a ainsi institué le service dit « *restreint* ».

La caractéristique de ce service, c'est que l'agent qui gère la gare n'intervient pas dans les mesures qui intéressent la sécurité; il ne donne aucun ordre relatif au mouvement et à la circulation des trains. La direction et la responsabilité des manœuvres et de toutes les mesures qui concernent la sécurité est déléguée au chef de train; le chef de station ne peut se mouvoir que derrière des taquets qui l'isolent des voies principales et dont il remet la clef au chef de train au moment de son passage.

En principe, les stations à service restreint ne font pas usage du télégraphe; lorsqu'elles sont exceptionnellement pourvues des appareils, le service est réduit à la transmission des demandes de secours et à l'annonce des retards, l'appareil donnant, bien entendu, la communication directe.

Toute station où il y a un croisement de trains ne peut pas être à service restreint.

Toute station où il n'y a pas de croisement, et dont les voies de marchandises peuvent être isolées des voies principales, peut être à service restreint.

On remarquera que l'importance du trafic n'intervient pas dans les conditions indiquées; mais, comme le but que l'on poursuit est de réaliser des économies, il n'y a évidemment d'intérêt à mettre une station en service restreint que si l'on peut y réduire le personnel à un seul agent, ou même à une femme, ce qui n'est possible que pour les stations à très faible trafic.

Le service restreint de la Compagnie d'Orléans constitue, en définitive, un mode d'exploitation économique applicable à certaines stations, qu'elles soient situées sur des lignes à voie normale ou sur des lignes à voie

étroite, mais principalement à celles qui sont appelées à un trafic peu important. Il est donc de nature à être recommandé particulièrement sur les lignes à voie étroite, où les stations de cette nature se rencontrent fréquemment.

Les anciens types de stations de la Compagnie d'Orléans se prêtaient mal à l'installation de ce service et surtout à la gestion d'une station par une femme; les bâtiments étaient trop dispersés et d'une surveillance difficile.

M. Aumont, ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé de la construction de la ligne de Châtellerault à Tournon-Saint-Martin, concédée à la Compagnie d'Orléans, a proposé pour cette ligne un type qui a été approuvé par une décision ministérielle du 23 avril 1889 et adopté pour toutes les lignes restant à construire sur le réseau d'Orléans[1].

Pour permettre la gestion de la station par un seul agent ou par une femme, il était nécessaire : 1° de concentrer les services de manière à en rendre la surveillance plus facile; 2° de permettre à la femme-chef de station d'assurer le service tout en vaquant aux soins de son ménage.

Le type de bâtiment, avec halle accolée, séparé des voies principales par les voies de marchandises comme sur la ligne d'Anvin à Calais, était dès lors tout indiqué.

La figure 79 représente les dispositions générales de la station.

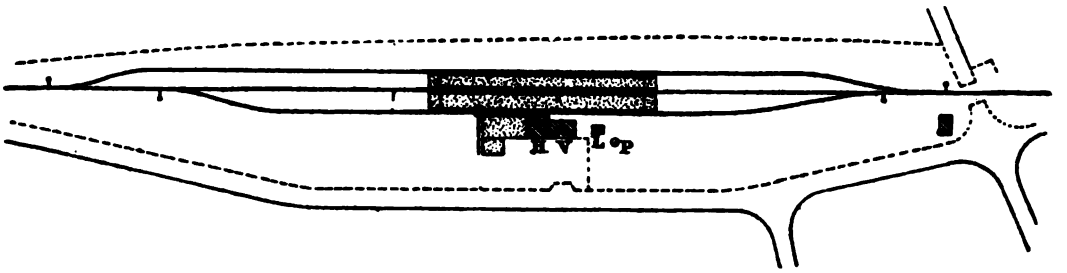


Fig. 79. — Type de station du service restreint (Compagnie d'Orléans).

Elle comporte :

Une voie principale;

Une voie d'évitement, dont la longueur varie suivant le profil et le mode d'exploitation de la ligne;

Une voie de marchandises, aiguillée à ses deux extrémités sur la voie principale et pouvant, sur une partie de son étendue, être utilisée pour le service du débord destiné aux wagons complets; cette voie est, bien

1. Les renseignements que nous donnons au sujet du service restreint et du type de station correspondant nous ont été fournis par M. Aumont.

entendu, assez longue pour permettre le débranchement des trains mixtes, les wagons de voyageurs étant devant le trottoir ;

Une voie perpendiculaire, reliée par une plaque tournante à la voie des marchandises et pouvant éviter deux wagons et servir au chargement sur quai et au débord ;

Deux trottoirs de 100 mètres, à une seule bordure.

Cette disposition permet l'exploitation soit en service ordinaire, soit en service restreint ; elle est applicable aux lignes à double voie.

Quand la station est mise en service restreint, les aiguilles placées sur la voie principale sont normalement rivées et cadenassées, de manière à laisser libre la circulation sur cette voie. Les taquets placés sur la voie de service, pour intercepter sa communication avec la voie principale, sont normalement fermés et cadenassés. Les clefs des aiguilles et des taquets sont sous la garde du chef de station.

Quand un train doit prendre ou laisser des wagons, ces clefs sont remises au chef de train par le chef de station ; celui-ci doit s'assurer personnellement, après l'achèvement de la manœuvre, que les aiguilles et les taquets sont bien remis dans leur position normale.

Aucune manœuvre engageant la voie principale ne peut être faite dans l'intervalle du passage des trains.

Les bâtiments de la station se composent :

D'un débarcadère, V, avec halle aux marchandises accolée, H ;
D'un quai découvert ;
D'un petit bâtiment isolé, L, contenant la lampisterie et les cabinets ;
D'un puits, P.

Le débarcadère a 11^m 70 de longueur sur 8 mètres de largeur ; il est à deux ouvertures. Ses dispositions sont représentées par les figures 80 à 82.

Le rez-de-chaussée comprend : pour le public, une salle d'attente unique ; pour l'agent chargé du service, 2 pièces, une salle à manger-cuisine, communiquant par une porte vitrée avec un bureau de distribution des billets.

L'étage unique comprend trois chambres à coucher et un grenier pouvant servir de chambre ; ces pièces, de bonnes dimensions, forment un logement commode et facile à entretenir.

Ainsi la pièce où se tient communément la femme chef de station est au rez-de-chaussée et, quand cette femme est en relation avec le public, elle peut néanmoins surveiller, dans une certaine mesure, son ménage et ses enfants.

La halle aux marchandises (fig. 80 à 83) est accolée au débarcadère ; elle

STATION DU SERVICE RESTREINT (COMPAGNIE D'ORLÉANS). BATIMENT DES VOYAGEURS

Échelle de 0 = 005 par mètre.

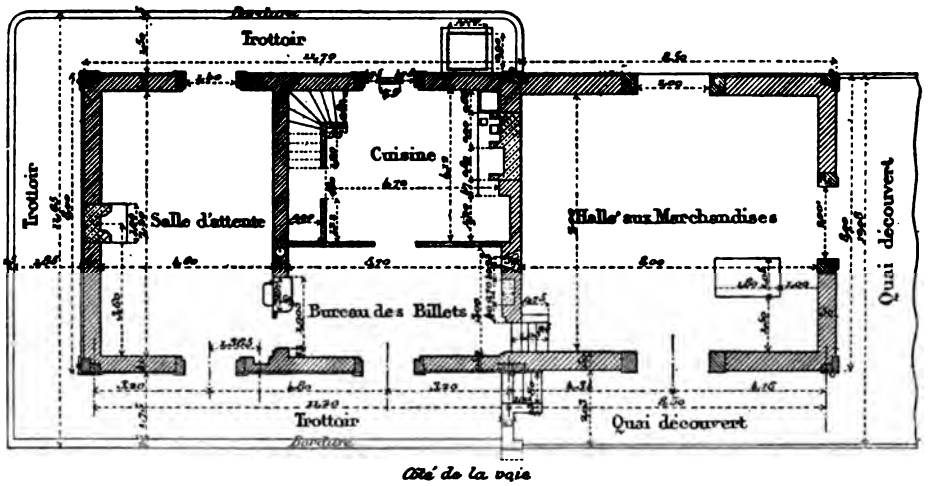


Fig. 80. — Plan du rez-de-chaussée.

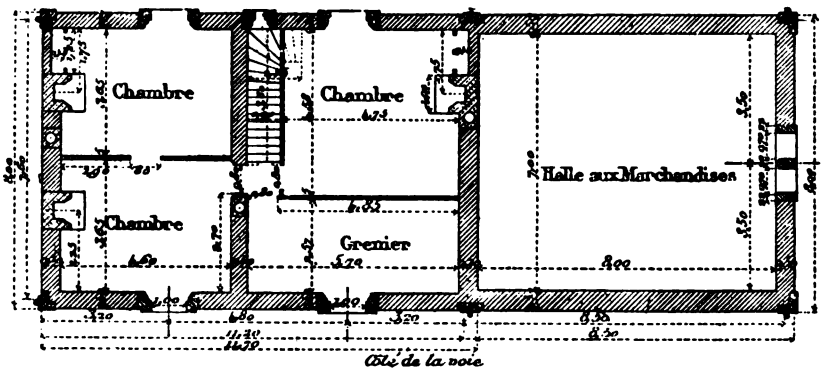


Fig. 81. — Plan du 1er étage.

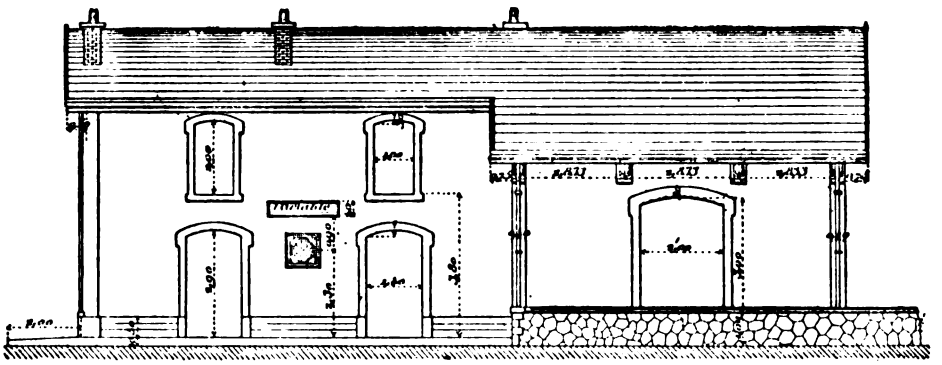


Fig. 82. — Elévation, côté de la voie.

est en communication directe avec le bureau des billets, et un judas, ménagé à hauteur d'œil dans le mur de séparation, permet une surveillance facile.

Le dallage de la halle se prolonge du côté de la voie sur un quai de 2 mètres de largeur, couvert par l'auvent de la couverture. Cette disposition permet d'établir devant le débarcadère un trottoir de 2 mètres de largeur et d'obtenir ainsi un espace de près de 3 mètres entre le débarcadère et le rail; elle remédie, dans une mesure à peu près complète, à l'inconvénient inhérent au type avec halle accolée, c'est-à-dire au danger qui peut résulter du passage de la voie des marchandises devant le bâtiment.

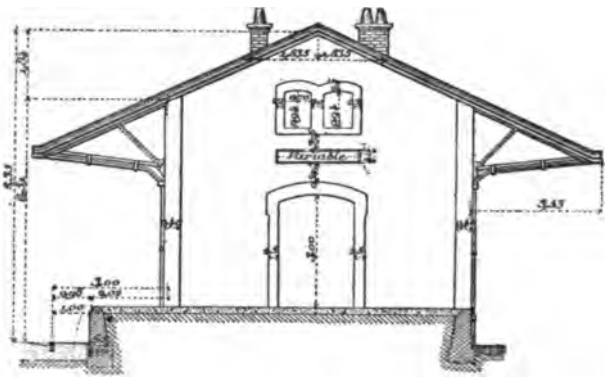


Fig. 83. — Elévation latérale, côté de la halle.

Le quai découvert a 10 mètres de largeur; sa longueur varie avec le trafic à desservir; dans la plupart des petites stations, une longueur de 20 mètres est bien suffisante. La bordure du quai est constituée au moyen de vieux rails fixés dans la maçonnerie au moyen de forts crampons.

Le petit bâtiment isolé, construit aussi économiquement que possible, comprend d'un côté une pièce pouvant servir de lampisterie et de magasin, de l'autre des cabinets pour hommes et pour dames, et, sur la face opposée aux voies, des stalles d'urinoir. Il a 3^{m} 70 de longueur sur 2^{m} 40 de largeur.

Le tableau ci-dessous donne le prix détaillé d'une station de ce type, établie sur une ligne à voie normale admettant des déclivités de 12^{mm} 5 et posée en rails d'acier de 38 kilogr. au mètre courant.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	DÉPENSES		OBSERVATIONS
	PAR ARTICLE	TOTALES	
I. Voies et Appareils.			non compris la voie principale, mais y compris une voie d'évitement de 450 mètres de longueur, et 350 mètres de voies de marchandises.
Matériel de voie, ballastage, pose de voies et appareils..	28 000 f	28 000 f	
II. Bâtiments et Accessoires.			
Débarcadère	10 000		Surface : 94 m² à 110 fr. le m²
Halle aux marchandises	6 000		— 150 m² à 40 fr. —
Petits lieux et magasins	1 000		— 9 m² 25 à 120 fr. —
Trottoirs.....	3 200		à 16 fr. le mètre linéaire.
Quai découvert et rampe d'embarquement	2 500		
Empierrements, abords et divers.....	4 300		
		27 000	
TOTAL.....		55 000	

La dépense totale d'établissement d'une station de cette nature, sur une ligne à voie normale, varie donc en moyenne entre 55000 et 60000 fr., dont 28000 à 30000 fr. pour les voies. Une économie importante pourrait d'ailleurs être réalisée sur les voies d'évitement et de marchandises, dont la longueur est susceptible de réduction sur un grand nombre de petites lignes. Sur la plupart des lignes secondaires, la voie d'évitement peut être réduite à 350 mètres de longueur entre pointes d'aiguilles, soit à 250 mètres de longueur utile, ce qui permet la réception de trains de 30 voitures. Si l'on supprime, en outre, la plaque tournante et la voie en cul-de-sac, qui, dans les stations à trafic minime, ne sont appelées à servir que très rarement, la dépense peut être réduite d'une dizaine de mille francs et ramenée à 45000 ou 50000 fr. Enfin, sur ces mêmes lignes, la voie d'évitement pourrait être entièrement supprimée, dans certaines stations comprises entre deux autres peu éloignées; la dépense serait alors réduite à 35000 fr.

Sur les lignes à voie étroite, la dépense s'abaisserait beaucoup, d'abord en raison de la diminution du prix des voies, ensuite parce que leur longueur pourrait être réduite à 200 ou 250 mètres entre les aiguilles extrêmes; la dépense des bâtiments resterait la même, soit 27000 fr. environ.

Ce type de station, qui offre l'avantage de concentrer les services, de rendre leur surveillance facile et de permettre la gestion par un agent isolé, présente d'autre part l'inconvénient de se prêter difficilement aux extensions ultérieures; ce serait donc une erreur de l'appliquer à des stations qui peuvent avoir de l'avenir. En outre, il y a entre la grande et la petite vitesse

une promiscuité de cours et d'installations qui n'est admissible pour le public que si le trafic de petite vitesse est faible.

Toutefois, sur un grand nombre de petites lignes à voie étroite, ce type de station nous paraît susceptible de recevoir des applications. Il était, en tout cas, intéressant de le faire connnaître en raison de la consécration officielle qu'il a reçue et de son adoption pour les lignes à faible trafic restant à construire sur le réseau d'Orléans.

§ IV. — Gares de contact et de transbordement[1].

Lorsqu'une ligne à voie étroite vient se raccorder à une ligne à voie normale, il n'y a pas, en ce qui concerne le service des voyageurs, à prendre des dispositions autres que s'il s'agissait du raccordement de deux lignes à voie normale, juxtaposées, mais non reliées par aiguilles. La petite ligne peut faire gare commune avec la grande, auquel cas la voie étroite aboutit dans la gare même, près des quais et du bâtiment des voyageurs; elle peut aussi arriver simplement dans la cour des voyageurs, à la façon d'une voiture de correspondance, ce qui évite la communauté de gare avec la grande ligne.

En ce qui concerne le service des marchandises, la question est plus complexe. La différence de largeur des voies impose nécessairement le transbordement de toutes les marchandises et les dispositions à adopter pour faciliter cette opération sont très variables et dépendent de la nature même des marchandises à transborder. Mais, comme le font observer MM. Sartiaux et Banderali, on conçoit en tout cas que l'opération du transbordement sera rendue plus facile, plus méthodique et plus économique, si, d'une part, on place sur une voie large spéciale tous les wagons pleins de la grande ligne à vider dans les wagons vides de la petite et réciproquement, et si, d'autre part, on dispose la voie des wagons de la petite ligne avec des écartements et des dénivellations convenables.

Dès lors, on devra, en principe, détacher des voies de la grande ligne une ou plusieurs voies spécialement affectées au transbordement, le long desquelles on installera des voies étroites avec des dispositions appropriées à la nature des marchandises à transborder.

Examinons sommairement les divers cas qui peuvent se présenter.

Si le transbordement s'applique à des colis transportables à la main, qui peuvent passer à niveau d'un wagon à l'autre, les planchers des wagons de

1. Les renseignements contenus dans le présent paragraphe sont, pour la plus grande partie, empruntés à l'article déjà cité de MM. Sartiaux et Banderali, *Revue générale*, novembre 1884.

la grande et de la petite voie devront être établis à la même hauteur et aussi rapprochés que possible, de manière à pouvoir mettre une planche entre les deux véhicules placés côte à côte. En raison de la moindre hauteur des wagons de la voie étroite, il faudra dès lors que cette voie soit surélevée. Il pourra même y avoir lieu d'établir un quai entre les deux voies, lorsque la nature des colis à transborder exigera que le chargement d'un wagon de l'une d'elles soit réparti entre plusieurs wagons de l'autre et que, par suite, l'homme qui fait la manœuvre sera obligé de se déplacer parallèlement à ces voies.

Pour les marchandises pondéreuses, telles que fûts, pierres de taille, bois en grume, etc., l'emploi d'un appareil de levage est indispensable, pour les faire passer d'un wagon dans l'autre. Ce qu'il y a de plus simple, dans ce cas, c'est de poser, à cheval sur les deux voies parallèles de largeur différente, un treuil roulant qui se déplace et permet de porter le contenu d'un wagon dans un ou plusieurs autres.

Enfin, pour les marchandises en vrac, telles que la houille, les minerais, les betteraves, les pommes, etc., dont le transbordement par les moyens ordinaires serait long, onéreux et nuisible à la qualité des marchandises, on emploie le procédé connu sous le nom de *transbordement en fosse*. Il consiste à établir les wagons à des niveaux différents et à faire glisser dans le wagon inférieur vide le contenu du wagon supérieur chargé ; cette opération se fait au moyen d'une *glissoire* en tôle qu'on accroche au wagon supérieur. Pour réaliser la différence de niveau nécessaire entre les deux voies, on conserve généralement en palier la voie normale, dont les wagons sont plus lourds à pousser, et l'on fait descendre ou monter la voie étroite, de manière à donner à la glissoire une inclinaison convenable, suivant la nature des marchandises à transborder. L'inclinaison de 35 à 40° est celle qui convient à la houille ; elle lui permet de glisser facilement sans se détériorer.

La figure 84 représente un exemple de cette disposition, adoptée depuis 1879 à la gare de Beaumont-sur-Oise, pour le transbordement des wagons de la ligne du Nord dans ceux de la ligne à voie d'un mètre de Hermes à Beaumont. Des dispositions analogues sont installées sur la ligne d'Anvin à Calais à ses points de contact avec le réseau du Nord. Les résultats qu'elles donnent sont excellents, puisqu'elles réduisent la dépense du transbordement de plus de moitié et le temps employé de plus de trois quarts.

On remarquera, à ce propos, l'intérêt considérable qu'il y a, pour faciliter l'opération du transbordement, à employer sur les lignes à voie étroite des wagons d'une capacité égale à ceux de la voie normale. D'après l'expérience de la ligne de Hermes à Beaumont, du tramway de Beaune à

Arnay-le-Duc, etc., cela ne présente aucune difficulté et l'on y arrive sans augmenter d'une manière sensible le poids et le prix des wagons.

Sur la figure 84, le wagon de la petite voie est muni à sa partie supérieure d'une haussette mobile de 1m425 de hauteur, qui porte à 0m275 la hauteur de la caisse, et permet de transporter les betteraves, la houille, le minerai, etc., par wagons de 10 tonnes, comme sur les lignes à voie normale.

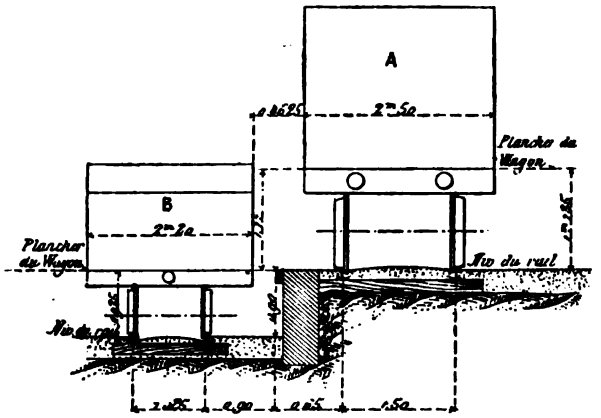


Fig. 84. — Type de transbordement en fosse.
A. Wagon de la ligne à voie normale.
B. Wagon de la ligne à voie étroite.

Enfin, on peut avoir à faire des transbordements par bout ; c'est le cas lorsqu'il s'agit de faire passer des voitures, des machines agricoles, des canons, d'une ligne sur l'autre. Il est commode alors de pouvoir placer les wagons bout à bout, tampon contre tampon ; on y arrive en établissant une voie étroite à l'intérieur et dans l'axe de la voie large. On a ainsi une voie à 4 rails qui rend ce genre de transbordement très facile. Il faut remarquer, d'ailleurs, que la solution de la voie à 4 rails est bien préférable à celle à 3 rails, dans laquelle on utiliserait un des rails de la voie large pour la voie étroite ; car, lorsqu'on veut tourner un wagon sur une plaque à trois rails, il n'est pas exactement centré et la rotation est fort pénible à exécuter.

Les indications qui précèdent permettent de répondre aux divers cas qui peuvent se présenter dans les gares de transbordement ; l'adoption des diverses solutions dépendra de la nature du trafic à transborder.

Nous donnons, en terminant, deux exemples de gares de contact entre une ligne à voie normale et une ligne à voie étroite. Le premier (fig. 85) est celui de la gare de Noyant-Méon sur la ligne de Paris à Bordeaux (réseau de l'Etat), qui sert en même temps de gare terminus à la ligne d'intérêt local à voie d'un mètre d'Angers à Noyant.

La gare de Noyant-Méon est ouverte à l'exploitation depuis l'année 1886 : c'est seulement en 1889 qu'on a eu à s'occuper d'y recevoir la petite ligne d'intérêt local. Ainsi que le montre la figure 85, on a pu le faire sans acquisition nouvelle de terrain et en plaçant dans les dépendances de la gare toutes les installations nécessitées par la nouvelle ligne.

Ces installations, approuvées par deux décisions ministérielles des 13 décembre 1889 et 28 mai 1892, comprennent :

1° Deux voies pour l'embarquement et le débarquement des voyageurs et des bagages ;

2° Des voies auxiliaires, au nombre de trois, pour le service de la remise des machines, pour la formation des trains et pour le garage des voitures ;

3° Une voie de pénétration dans la cour des marchandises de la grande ligne, pour le service et le transbordement des marchandises de la ligne d'intérêt local. A cet effet, la voie traverse à niveau la cour des voyageurs, puis longe la limite de la cour des marchandises et va se terminer parallèlement aux voies de la grande ligne; une plaque tournante la fait communiquer, d'une part, avec une voie longeant la halle aux marchandises, d'autre part, avec le pont à bascule de la gare.

Grâce à la flexibilité de la voie d'un mètre de largeur, on a pu, en adoptant des rayons de 50 mètres, établir ces différentes installations sans sortir des dépendances de la station primitive ; de là une économie importante pour la petite ligne, qui a dû payer tous les travaux effectués pour sa réception à l'intérieur des clôtures de la station de Noyant-Méon.

Ces travaux sont, conformément à l'habitude admise en pareil cas, exécutés par l'Administration des chemins de fer de l'Etat ; il est en outre spécifié :

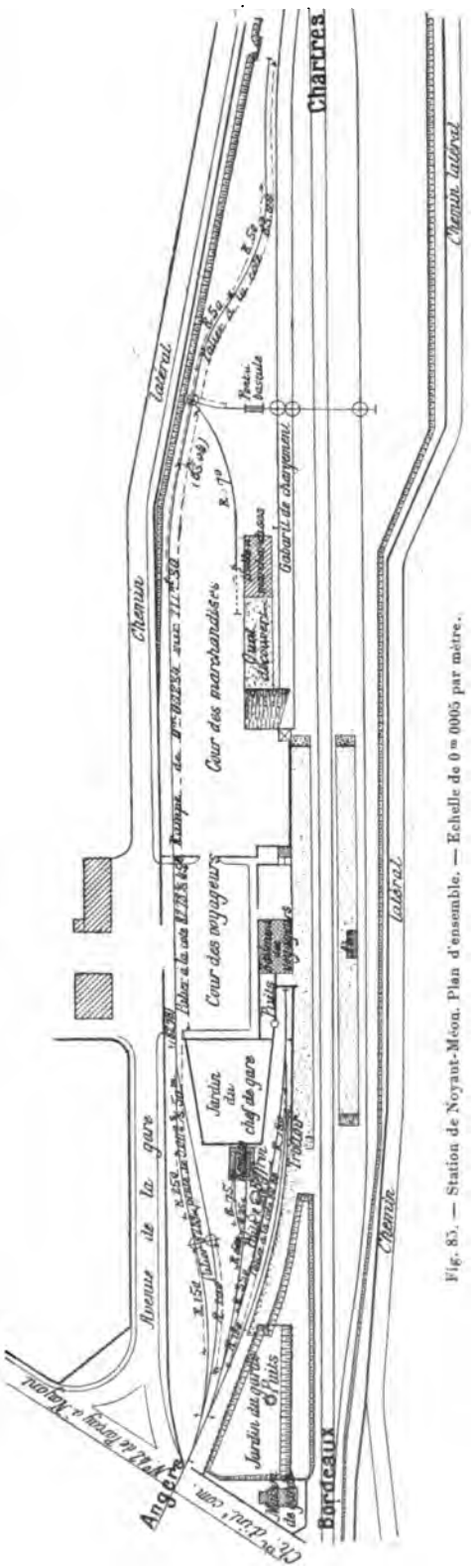


Fig. 83. — Station de Noyant-Méon. Plan d'ensemble. — Echelle de 0 m 0005 par mètre.

1° Que tous les terrains occupés par la ligne d'intérêt local dans l'intérieur des clôtures restent la propriété de l'Etat ;

2° Que les traités pour l'usage de la gare commune seront soumis à l'approbation du Ministre des travaux publics.

Le second exemple est celui de la gare de Lamotte-Beuvron sur la ligne d'Orléans à Vierzon (réseau d'Orléans), qui sert de gare terminus au tramway de Blois à Lamotte-Beuvron. Elle est représentée figure 86.

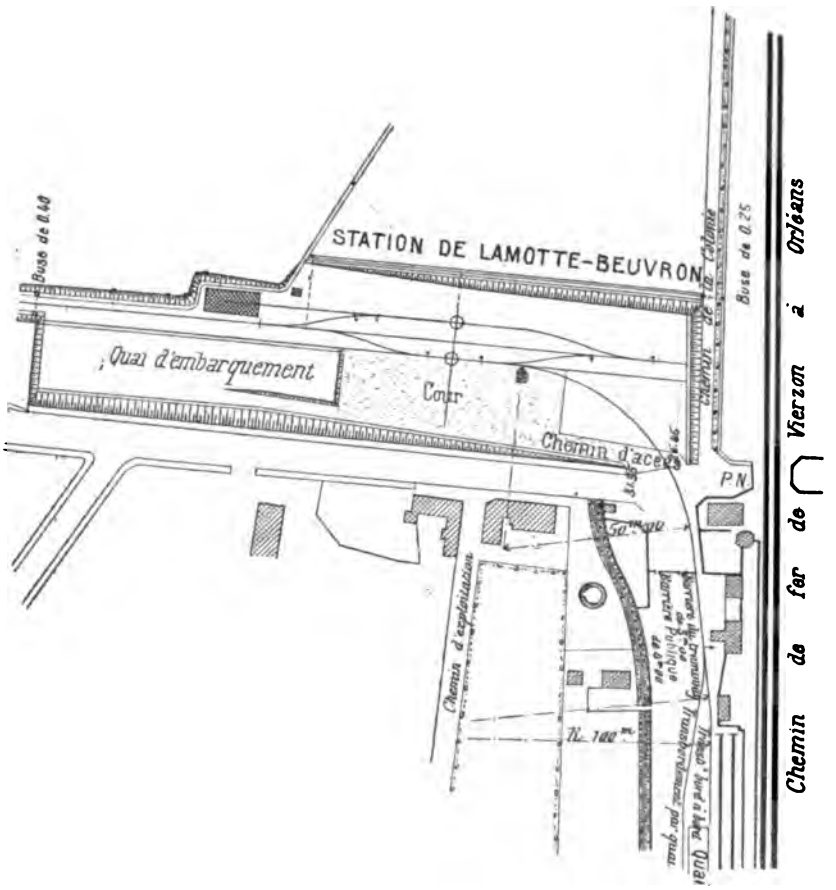


Fig. 86. — Station de Lamotte-Beuvron. Plan d'ensemble. — Echelle de 0 = 0005 par mètre.

Les dispositions, comme on le voit, sont très simples. La petite voie pénètre au moyen d'une courbe de 50 mètres dans la cour des marchandises de la station de la grande ligne et se bifurque en deux pour permettre, d'une part, le transbordement bord à bord des marchandises, et, d'autre part, le transbordement par quai. En ce qui concerne les voyageurs, aucune installation nouvelle n'a été nécessaire. En raison de la faible distance qui sépare le quai

d'embarquement du tramway de la gare de Lamotte-Beuvron, les voyageurs passent facilement de l'un à l'autre.

§ V. — Alimentation des machines.

La plupart des lignes à voie étroite sont desservies par des locomotives dont la caisse à eau ne contient guère plus de 3 à 4 mètres cubes; mais, comme les trains y sont plus légers et la consommation plus faible que sur les lignes à voie large, il en résulte que les prises d'eau n'ont pas besoin d'y être plus rapprochées, en général, que sur ces dernières.

Par exemple, sur la ligne de Hermes à Beaumont, dont la longueur est de 32 kilomètres, et où les déclivités de 15 à 20^{mm} occupent plus de la moitié du parcours, les machines peuvent faire la ligne entière sans prendre d'eau, avec un tender dont la capacité est de 3 mètres cubes.

Sur la ligne d'Anvin à Calais, dont la longueur est de 94 kilomètres, avec des déclivités de 10 à 15^{mm} sur 43 °/₀ du parcours, il existe six postes d'alimentation.

En général, on peut admettre une distance de 20 kilomètres entre les prises d'eau, sauf à examiner dans chaque cas particulier, d'après la capacité des tenders, le profil de la ligne, la charge et la vitesse des trains, s'il y a lieu de modifier plus ou moins ce chiffre.

En tout cas, comme la quantité d'eau à prendre dans une station n'est jamais bien considérable, l'alimentation peut être assurée au moyen d'installations dont la dépense est beaucoup plus faible que celle des machines à vapeur usitées sur les lignes d'intérêt général; on peut citer, par exemple, les *pulsomètres*, les *éjecteurs* et les *pompes*, actionnés directement par la vapeur des locomotives, pendant la durée de leur stationnement.

Sur les lignes d'intérêt local du Pas-de-Calais et de l'Aisne (à voie normale), l'alimentation se fait exclusivement au moyen du pulsomètre de *Hall*. C'est un appareil fort simple, dans lequel de la vapeur, prise directement à la locomotive au moyen d'un tuyau qu'on peut visser sur la chaudière, agit alternativement par condensation et par pression; par condensation de la vapeur, l'appareil aspire jusqu'à lui l'eau d'un puits creusé dans la station; puis, quand cette eau est introduite dans le pulsomètre, la vapeur agit par pression pour la refouler dans un tuyau d'élévation, qui la conduit, soit dans un réservoir établi à une certaine hauteur, soit directement dans la caisse à eau des locomotives.

Voici la description sommaire de cet appareil, d'après la *Revue générale des Chemins de fer* (Août 1878).

Le pulsomètre est en fonte et coulé d'une seule pièce (fig. 87 et 88); il se compose :

1° De deux chambres AA en forme de poire, accolées et se réunissant à la partie supérieure;

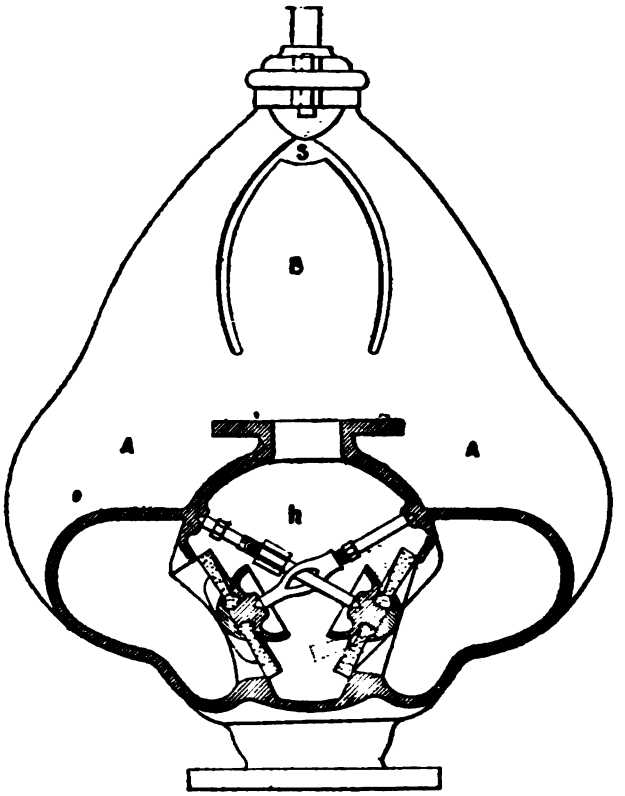


Fig. 87. — Pulsomètre de Hall. Coupe par l'axe du tuyau de refoulement.

2° D'une chambre d'aspiration D, située au dessous des chambres AA, et portant trois clapets d'aspiration, en caoutchouc;

3° D'une chambre de refoulement *h* , dans laquelle se trouvent deux clapets de refoulement, également en caoutchouc;

4° D'un réservoir à air B, placé entre les deux chambres en poire, et communiquant avec la chambre *h*;

5° D'une petite chambre de vapeur, à la partie supérieure, contenant une soupape en cuivre, qui peut en oscillant fermer alternativement la communication des chambres AA avec la chambre de vapeur.

Enfin trois tuyaux complètent l'appareil :

1° Le tuyau d'aspiration, relié par la bride inférieure avec la chambre d'aspiration D.

2° Le tuyau de refoulement, relié par la bride intermédiaire (fig. 87) avec la chambre de refoulement *h*.

3° Le tuyau d'introduction de la vapeur, à la partie supérieure.

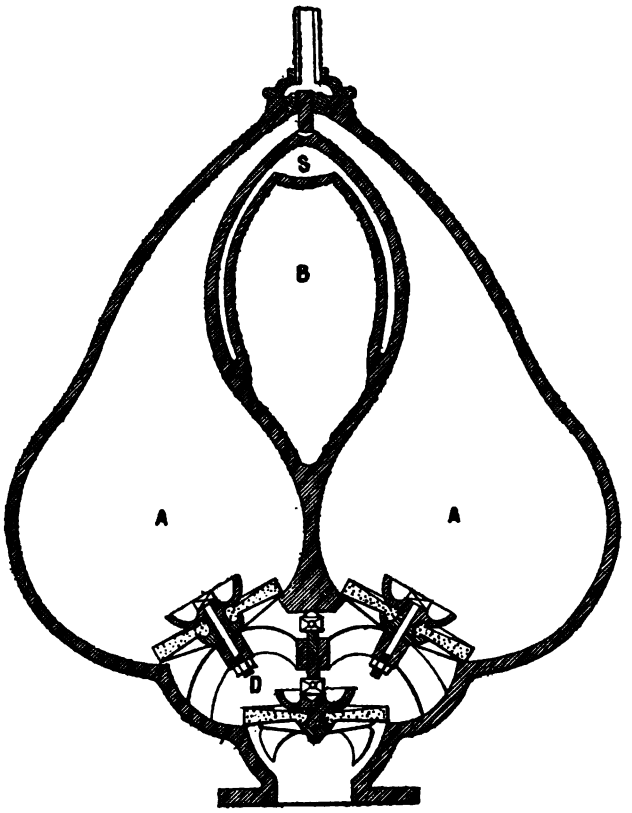


Fig. 88. — Pulsomètre de Hall. Coupe par l'axe du tuyau d'aspiration.

Cela posé, voici le mode de fonctionnement de l'appareil.

La soupape oscillante à vapeur met alternativement en communication avec le générateur la poire de droite et la poire de gauche ; dans la position indiquée par la figure 88, c'est le compartiment A de droite qui reçoit la vapeur. Supposons l'appareil amorcé ; il y aura de l'eau dans les deux compartiments AA. La vapeur, agissant sur la surface du liquide, chasse ce dernier par la soupape de refoulement dans le tuyau de refoulement ; le niveau de l'eau s'abaisse et, à un certain moment, la surface de contact de

l'eau et de la vapeur, qui va en grandissant à mesure que l'eau s'abaisse, est telle qu'il y a condensation de la vapeur, qui n'arrive plus en quantité suffisante pour maintenir sa pression. Dès lors, la soupape de vapeur oscille de gauche à droite et vient fermer l'orifice de la poire de droite; la vapeur agit aussitôt sur l'eau contenue dans la poire de gauche pour la chasser par la soupape correspondante et le tuyau de refoulement; pendant ce temps, la condensation de la vapeur dans la poire de droite continue, un vide partiel s'y forme et l'eau, sous l'action de la pression atmosphérique, soulève le clapet d'aspiration pour venir remplir la poire de droite; en même temps que l'eau s'introduit ainsi par l'effet du vide, une petite quantité d'air pénètre également dans la partie supérieure de la poire par un reniflard spécial placé sur chacun des corps de pompe. Cet air est comprimé par l'eau aspirée et forme un matelas fluide contre lequel vient s'amortir la puissance vive de l'eau. La poire de gauche est vidée par le tuyau de refoulement pendant que la poire de droite se remplit par l'aspiration, et, en quelques instants, la soupape de vapeur revient fermer l'orifice de gauche en rouvrant l'orifice de la poire de droite remplie d'eau, sur laquelle la vapeur agit de nouveau. Le phénomène se reproduit indéfiniment.

Le réservoir à air B a pour but d'éviter les chocs qui résulteraient de l'arrivée subite de l'eau dans le vide produit par la condensation de la vapeur.

Du mode de fonctionnement de cet appareil résultent deux règles :

1° La hauteur d'aspiration est limitée par la densité du liquide à élever;

2° La hauteur de refoulement est limitée par le rapport entre la densité du liquide à élever et la pression de la vapeur qui agit.

Les pulsomètres de Hall se font en 15 numéros de grandeur différente qui peuvent, pour une hauteur d'aspiration de 4 à 6 mètres, refouler l'eau à une hauteur de 2 à 30 mètres, suivant le débit qu'on veut obtenir.

L'appareil le plus faible (n° 0) a 0^m 25 de hauteur, 0^m 15 de profondeur et 0^m 22 de largeur; il pèse 10 kilogr., donne un débit de 40 litres par minute par une hauteur de refoulement de 2 à 6 mètres et un débit de 12 litres, quand il faut refouler à 30 mètres. Son prix est de 250 fr.

Le pulsomètre n° 14, le plus fort de la série, a 2^m 425 de hauteur, 1^m 410 de profondeur et 1^m 930 de largeur; il pèse 2350 kilogr. et son débit atteint 10 000 litres à la minute pour une hauteur de refoulement de 2 à 6 mètres et s'abaisse à 5 000 litres quand il faut refouler à 30 mètres. Son prix est de 15000 fr.

Etant donnée la consommation d'eau des locomotives sur les petites lignes d'intérêt local, le pulsomètre n° 4 suffit généralement à assurer l'alimentation.

Le tableau ci-dessous donne les débits, pour différentes hauteurs d'aspiration, d'un pulsomètre de Hall, n° 4, installé dans un puits pour le remplissage d'un réservoir[1].

HAUTEUR TOTALE D'ÉLÉVATION.	10 m.	15 m.	20 m.	25 m	30 m.	35 m.	40 m
Hauteur d'aspiration depuis la crépine jusqu'au pulsomètre	4 m	4m	4 m	3 m 50	3 m 50	3 m	3 m
Hauteur de refoulement depuis le pulsomètre jusqu'au col de cygne du tuyau de refoulement	6 m	11 m	16 m	21 m	26 m	32 m	37 m
Pression de la vapeur en kilogrammes par centimètre carré	1 à 3	3 à 4	3 1/2 à 4 1/2	4 à 5	4 1/2 à 5 1/2	5 à 6	6
Débit par heure en litre	19 002	15 500	13 200	12 000	11 000	9 600	8 400

Le pulsomètre, expérimenté pour la première fois en 1869 par son inventeur, l'ingénieur américain Henri Hall, a reçu quelques perfectionnements dont il y a lieu de parler ici.

Dans le pulsomètre de Koerting (fig. 89 et 90), la vapeur motrice pénètre constamment dans deux petites poches de chaque côté et à la partie supérieure de la languette de distribution *c*; si on suppose la languette placée de manière à envoyer la vapeur dans la poire de gauche, la vapeur renfermée dans la poire de droite repoussera la languette et fermera l'admission de vapeur à la poire de gauche, dès que la pression y aura baissé d'une faible quantité : la promptitude de ce déplacement a pour effet de diminuer la quantité de vapeur admise et entraînée, en pure perte, à la fin de la période de refoulement et au commencement de la condensation. Avec cette disposition, la consommation de vapeur ne dépasserait pas, d'après le constructeur, avec une bonne installation de l'appareil, le chiffre de 5 k. 40 par cheval et par heure en eau montée.

Il existe encore d'autres systèmes de pulsomètres, Greeven, Schœffert et Budenberg, etc., fondés sur le même principe que celui de Hall.

Les pulsomètres présentent, d'une manière générale, l'inconvénient d'avoir un assez mauvais rendement, c'est-à-dire de consommer une grande quantité de vapeur eu égard à la quantité d'eau qu'ils élèvent; mais, comme leur prix de premier établissement est très faible, la dépense qui résulte de leur fonctionnement ne saurait être mise en balance avec l'économie considérable qu'ils procurent par rapport à l'installation d'une machine fixe avec ses accessoires. Ce sont donc des appareils à recommander sur les petites

1. D'après la *Revue générale des Chemins de fer* (Juillet 1883).

lignes, où la consommation d'eau est toujours faible. Ils sont d'ailleurs très employés en France, notamment sur la ligne d'Anvin à Calais, sur celle de Crécy-Mortiers à La Fère, sur les tramways de Loir-et-Cher, etc.

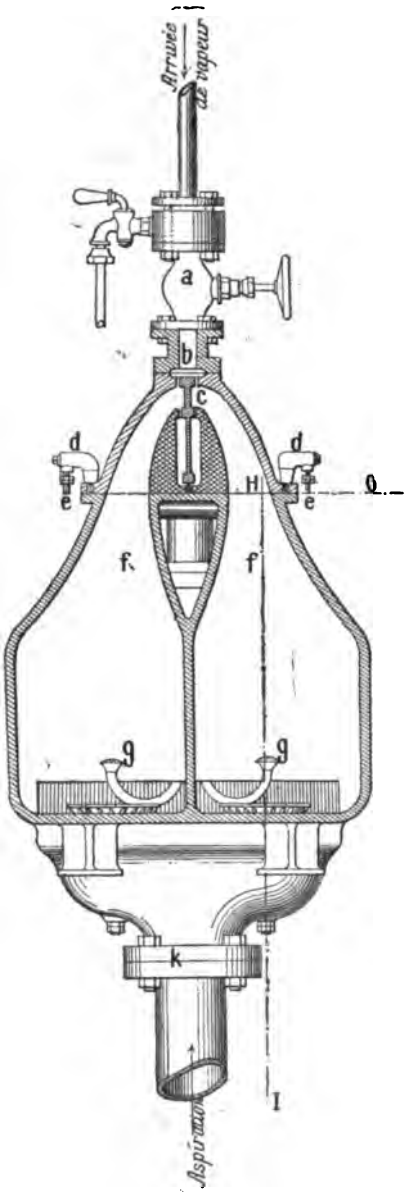


Fig. 89. — Pulsomètre système Kœrting. Elévation, coupe par EF.

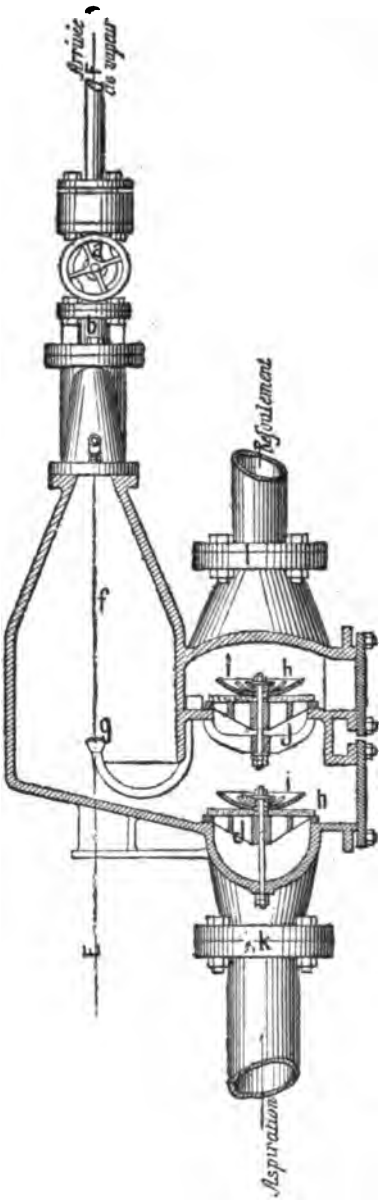


Fig. 90. — Pulsomètre système Kœrting. Elévation, coupe par GHI.

LÉGENDE

a, Vanne pour prise de vapeur.
b, boite à vapeur.
c, distributeur.
dd, reniflards.
ee, vis de réglage des reniflards.
ff, corps, chambre de détente.
gg, injecteurs d'eau froide.
hh, clapets d'aspiration et de refoulement.
ii, guides arrêts des clapets.
jj, sièges des clapets.
k, bride d'aspiration.
l, bride du tuyau de refoulement.

Nous représentons (fig. 91, 92 et 93) les dispositions d'un poste d'alimentation dans une station des tramways de Loir-et-Cher. Les fig. 91 et 93 font voir le puits et le réservoir de 5 ^{mc}, monté sur une estacade en fer et

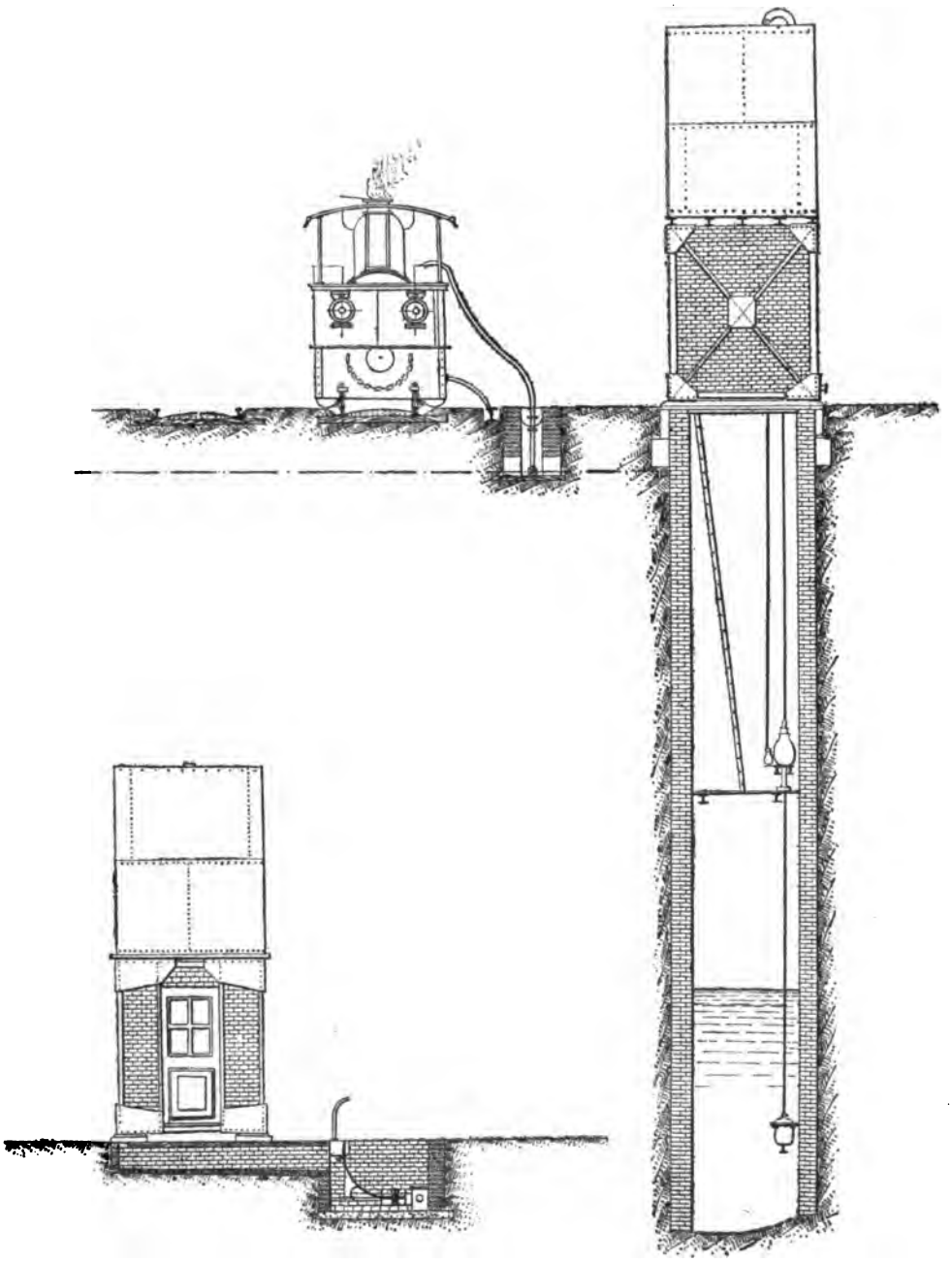


Fig. 92. — Elévation, coupe par *ab* de la fig. 93.

Fig. 91. — Tramways de Loir-et-Cher. — Poste d'alimentation. Elévation, coupe en travers par l'axe du puits.

briques, avec le pulsomètre installé à peu près à moitié de la profondeur du puits ; une machine en stationnement actionne le pulsomètre pour remplir le réservoir et prend de l'eau en même temps.

La fig. 92 montre l'élévation du réservoir parallèlement aux voies et la coupe de la galerie de prise d'eau.

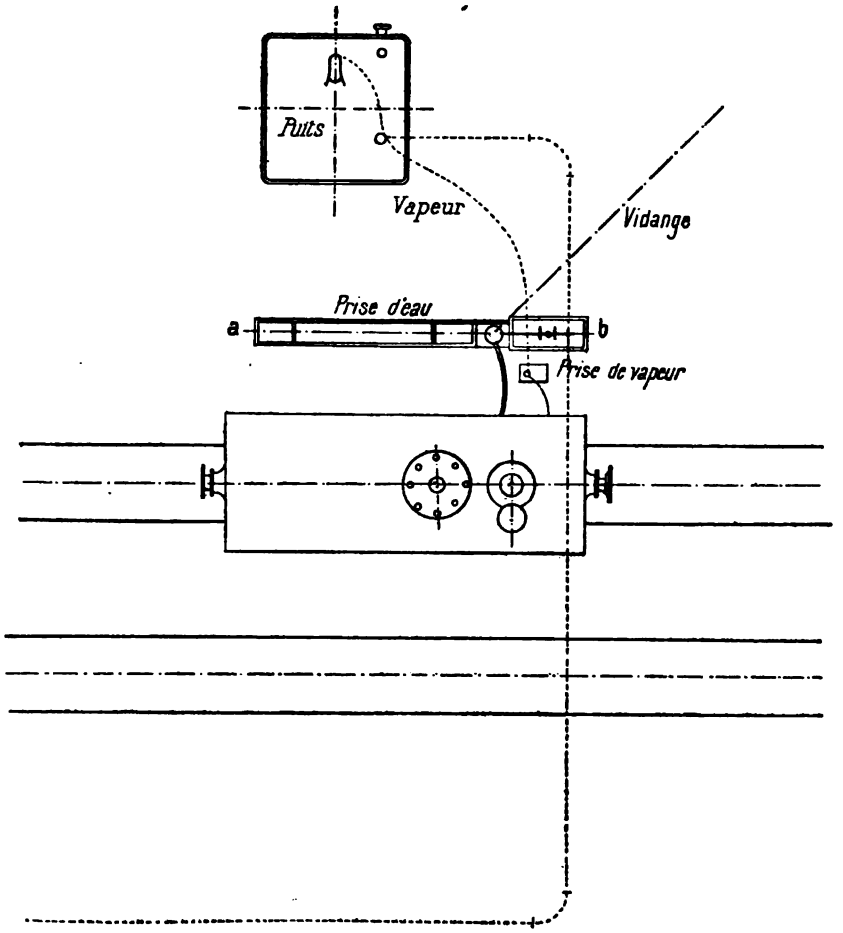


Fig. 93. — Plan.

Le prix de l'installation d'un de ces postes d'alimentation, non compris le puits, c'est-à-dire d'un pulsomètre de 0^{m} 45, muni de tous ses tuyaux et accessoires, prise de vapeur, raccords, robinets, réservoir en tôle de 5me monté sur estacade en fer et briques, prise d'eau complète, tuyaux de toute espèce, raccords, vannes, etc., est de 4500 fr.

L'éjecteur à culotte, installé à toutes les prises d'eau des chemins de fer du Médoc (à voie normale), fonctionne d'après le même principe que l'injecteur

Giffard. Cet appareil, monté à peu près dans les mêmes conditions que le pulsomètre, emprunte comme lui la vapeur à la locomotive ; il a les mêmes avantages et les mêmes inconvénients.

La fig. 94 représente l'éjecteur de *Friedmann*. La vapeur de la locomotive arrive par le tuyau *a* dans l'axe des cônes étagés *d*, en communication avec le tuyau d'aspiration *b*. L'aspiration de la vapeur entraîne l'eau, qui est refoulée par le tuyau *c* dans le tender ou dans un réservoir.

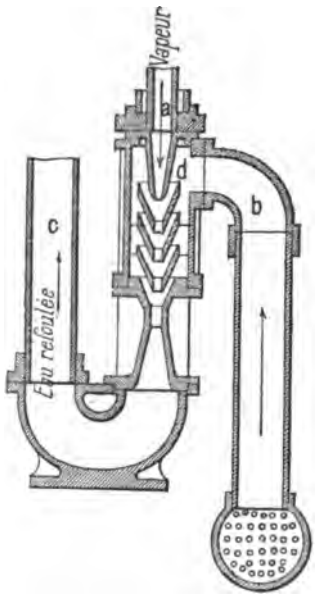


Fig. 94. — Ejecteur.

Les éjecteurs de *Friedmann*, nos 5 et 6, peuvent débiter à l'heure, avec une pression de 7 atmosphères, 50 et 70 mc, jusqu'à une hauteur de refoulement de 12 mètres ; jusqu'à 35 mètres de hauteur, ils débitent 35 et 50 mc. La pression ne baisse que très peu pendant le remplissage du tender.

Les éjecteurs de Friedmann sont employés avec succès en Autriche, par la Sudbahn. Leur installation est analogue à celle du pulsomètre.

Sur la ligne de Hermes à Beaumont, on se sert de la pompe universelle de Daulton (*Revue générale des chemins de fer*, novembre 1884). Cet appareil,

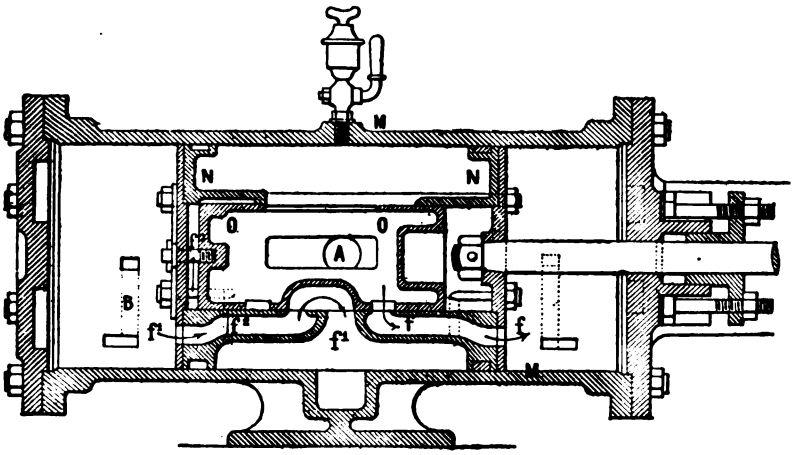


Fig. 95. — Pompe universelle de Daulton. Coupe longitudinale du cylindre.

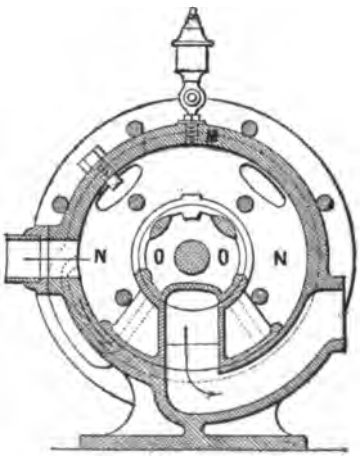


Fig. 96. — Pompe universelle de Daulton. Coupe transversale.

qui se compose d'un moteur et d'une pompe à double effet, est actionné par la vapeur de la locomotive ; il peut fonctionner avec une pression très basse,

1. D'après la *Revue générale des chemins de fer* (Juillet 1883).

jusqu'à 1/2 atmosphère, ce qui permet d'employer la locomotive à la fin de son voyage, sans avoir besoin de la maintenir en pression.

Le moteur, qui utilise la vapeur de la locomotive, se compose de trois cylindres concentriques M, N, O (fig. 95 et 96); le premier, M, extérieur, est le corps du cylindre; le deuxième, N, intermédiaire, est le piston; le troisième, O, central, est le tiroir de distribution de la vapeur.

Si l'on suppose le piston à fond de course près du presse-étoupe, la vapeur qui entre dans le cylindre M par l'orifice d'admission A en suivant les flèches f, chasse le piston vers le fond du cylindre; en même temps, la vapeur provenant de l'opération précédente, qui se trouve entre le piston et le fond du cylindre, s'échappe en suivant les flèches f_1.

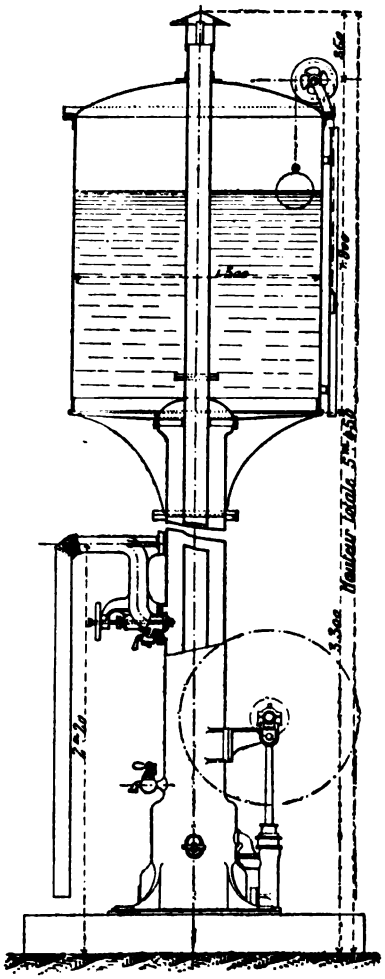


Fig. 97. — Ligne de Beaune à Arnay-le-Duc. Grue réservoir de 2 mètres cubes. (Echelle de 0 m 01 par mètre).

Le piston, en continuant sa course, découvre une rainure de forme spéciale représentée en B sur la paroi du cylindre. Cette rainure a pour but de permettre au piston de fermer l'échappement et à la vapeur, comprimée pendant un temps relativement très court, de s'introduire, en suivant les flèches f_2, entre les cylindres N et O pour déplacer le tiroir.

Le piston arrive enfin à fond de course et l'opération recommence.

Quant à la pompe proprement dite, c'est une pompe à double effet et à 4 clapets, qui ne présente aucune disposition particulière.

Sur la ligne de Hermes à Beaumont, où cet appareil est en service depuis une douzaine d'années, il donne de très bons résultats et permet d'alimenter un tender de 3 mètres cubes en 30 minutes, au moyen d'une dépense insignifiante de vapeur.

Une pompe de ce système, dont les cylindres ont 102 mm de diamètre et le tuyau d'aspiration, 64 mm, peut débiter 13600 litres à l'heure, en consommant deux chevaux de force. Elle coûte 640 fr.

Mentionnons enfin le système d'alimentation employé sur le tramway de Beaune à Arnay-le-Duc. Il se compose de grues-réservoirs d'une capacité de 2 mètres cubes, dont les dispositions sont représentées par la figure 97.

L'élévation de l'eau se fait au moyen d'une pompe aspirante et foulante à volant, manœuvrée par les poseurs de la voie, puisant l'eau dans un puits creusé à proximité.

Le mètre cube d'eau ainsi élevé coûte 0 fr. 20.

Le réservoir, en tôle, est supporté par une colonne en fonte de 290^{mm} de diamètre intérieur, traversée par un tuyau en fonte galvanisée de 120^{mm}, lequel sert d'échappement à l'air chaud fourni par un petit foyer placé à la base de la colonne. Il suffit de remplir ce foyer de charbon de bois pour entretenir, pendant douze heures, dans la masse d'eau, une température qui empêche la congélation. Le prix moyen de l'appareil, y compris la pierre de fondation, est de 1850 fr.; à cette dépense, il faut ajouter celle du puits, qui est variable suivant la profondeur du forage.

§ VI. — Trafic probable d'une station et d'un chemin de fer.

Nous avons fait connaître, dans notre *Traité des chemins de fer* (tome II, p. 92), les principales méthodes suivies pour déterminer la recette probable d'un chemin de fer. Ce sont les méthodes *Michel*, *Cossmann* et *Baume*. Résumons-les en quelques mots.

La méthode Michel permet de déterminer le trafic local d'une ligne d'embranchement, c'est-à-dire le mouvement des voyageurs et des marchandises en provenance ou à destination des stations qu'elle dessert. Ce trafic est donné par la formule

$$T = 2g(mr + nr')\Sigma p,$$

dans laquelle

p désigne la population agglomérée de chaque station;

Σp, la population totale agglomérée desservie par l'embranchement;

m et n, deux coefficients applicables aux voyageurs et aux marchandises, et variables suivant la région traversée;

r et r', les tarifs perçus pour les voyageurs et les marchandises;

g, un rapport déterminé par la formule

$$g = \frac{\Sigma pd}{l\Sigma p}.$$

Dans cette formule d représente la distance de chaque station au point d'embranchement et l, la longueur totale de l'embranchement.

Le point délicat, lorsqu'on applique la méthode Michel, consiste à déterminer les nombres m et n, qui représentent les *coefficients de transport* de la

contrée ; on ne peut le faire qu'au moyen d'une étude attentive des résultats donnés par les stations des lignes voisines. On s'accorde généralement à penser, d'ailleurs, que cette méthode donne des résultats supérieurs à la réalité.

La méthode Michel a été complétée et modifiée par M. Cossmann, qui a établi des formules applicables aux trois cas suivants :

1° *Cas d'une ligne en impasse ne rencontrant sur son parcours aucun centre de population qui donne lieu à un trafic intérieur important.* — On a alors pour la recette brute totale

$$R = 2(mr + nr')\Sigma pd.$$

2° *Cas d'une ligne en impasse rencontrant sur son parcours un centre de population qui donne lieu à un trafic intérieur important.* — Dans ce cas, il faut pour chaque station décomposer la population en deux groupes, le premier ayant ses relations avec le point d'embranchement et les au delà, le second ayant ses relations avec le centre considéré. Si $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ est le rapport entre les deux groupes et δ, la distance au centre considéré, la formule devient

$$R = 2(mr + nr')[\alpha\Sigma pd + (1-\alpha)\Sigma p\delta].$$

Dans les deux cas précédents, s'il existe un mouvement industriel provenant d'usines importantes, il faut l'évaluer à part.

3° *Cas d'une ligne reliée à ses deux extrémités à d'autres chemins de fer.* — Si l'on désigne respectivement, pour chaque station, par α, β et $1-\alpha-\beta$, la fraction de population qui se porte aux deux extrémités de la ligne et à un centre intermédiaire, la formule devient

$$R = 2(mr + nr')[\alpha\Sigma pd + \beta\Sigma p(l-d) + (1-\alpha-\beta)\Sigma p\delta],$$

l étant la longueur totale de la ligne.

Il peut y avoir, dans ce cas, un trafic de transit qu'il faut évaluer à part.

La méthode de M. *Baume* s'applique seulement aux embranchements et tient compte uniquement de l'importance de la ville située sur la grande ligne à laquelle ils se soudent.

Si cette ville a 3000 à 4000 habitants, on peut admettre que la recette annuelle ne dépassera pas 10 fr. par habitant de la région desservie par la nouvelle ligne.

Si la ville a 20 000 habitants, on admettra 20 fr. ; on pourrait aller jusqu'à 30 fr. si la ville, tête d'embranchement, était l'une des huit ou dix grandes villes de France.

Dans les calculs qui précèdent, on ne compte pas les habitants de la ville, tête d'embranchement, dans la population desservie par la nouvelle ligne.

M. Bricka, dans son *Cours de chemins de fer*, fait remarquer que les méthodes que nous venons de rappeler sont déjà anciennes et que, pour les lignes nouvelles à construire, elles donnent généralement des résultats inexacts, plutôt trop forts. C'est ainsi que, sur les tramways de Loir-et-Cher, l'application de la méthode Baume conduisait à admettre un trafic de 3000 fr. par kilomètre environ, tandis qu'en réalité il est de 1600 fr.

M. Bricka recommande, dès lors, l'étude directe des ressources de la région à traverser et la comparaison avec des lignes similaires déjà construites. Il faut, dans cette étude, distinguer le *trafic des voyageurs*, le *trafic local des marchandises*, le *trafic des usines* et enfin le *trafic de transit*.

Le trafic des voyageurs s'évalue en recherchant, d'une part, quelle est la population des localités à desservir par la nouvelle ligne et, d'autre part, quel est, pour les stations de chemins qui existent dans la région et qui sont dans une situation comparable, le rapport entre le nombre des voyageurs et la population. On devra, d'ailleurs, être très prudent en faisant cette évaluation, car le régime de la nouvelle ligne peut être notablement différent de celui des anciennes.

Pour le trafic local des marchandises, il faut faire l'étude des ressources du pays, de la nature de ses produits et des directions dans lesquelles on les expédie, et se rendre compte également des résultats obtenus sur des lignes similaires exploitées dans d'autres régions. On ne doit pas négliger, dans cette étude, de tenir compte des *frais de transmission* et des *frais de transbordement*.

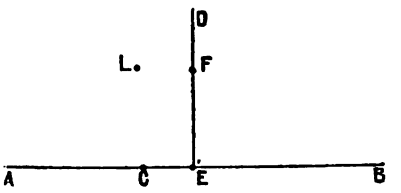


Fig. 98.

Soit, en effet, AB une ligne en exploitation (fig. 98) et C une station de cette ligne desservant une localité L, située à une assez grande distance. Si l'on construit une nouvelle ligne DE, et qu'on établisse sur cette ligne une station F plus rapprochée de L que la station C, la nouvelle station n'attirera pas forcément le trafic de la localité. Car, si au point E on change de réseau, il y aura, en ce point, des frais de transmission qui grèveront les transports de 0 fr. 40 par tonne. Si, d'autre part, la ligne DE est à voie plus étroite que AB, il y aura, en outre, des frais de transbordement de 0 fr. 30 par tonne. Il y aura donc, pour l'expéditeur qui voudrait se servir

de la station F, un supplément de taxe de 0 fr. 40 ou 0 fr. 70 suivant les cas. Par suite, le trafic de la localité L ne sera attiré vers F que si la différence entre les distances LC et LF est assez grande ; souvent il se fera un partage de trafic entre les stations C et F.

Le trafic dû spécialement aux usines et aux grandes exploitations doit être évalué à part, en demandant des renseignements aux industriels eux-mêmes, et en ayant soin de les contrôler attentivement.

Quant au trafic de transit, il faut aussi l'évaluer à part ; mais on ne doit compter sur ce trafic que si la nouvelle ligne appartient au même réseau que les deux lignes anciennes auxquelles elle aboutit, ou, au moins, que l'une de ces lignes. Dans le cas contraire, il est à peu près certain que ce trafic sera détourné par les réseaux voisins et ne passera pas sur la nouvelle ligne.

En résumé, la détermination du trafic probable d'une ligne d'intérêt local est une question fort difficile et les appréciations auxquelles les ingénieurs ont à se livrer à cet égard sont des plus délicates. « Elles exigent, dit M. Picard[1], beaucoup de prudence et de sagacité, une étude minutieuse des ressources du pays, un examen attentif des faits constatés sur les autres lignes de la région, une analyse intelligente du trafic de ces lignes ; même avec les apparences d'une rigueur presque mathématique, elles peuvent être entachées de graves erreurs ; elles constituent l'une des plus grosses difficultés de la rédaction des projets. Rien ne remplace l'expérience acquise et le *flair*. Un ingénieur familiarisé avec les questions de cette nature pourra, par des procédés sommaires, arriver à des estimations bien plus rapprochées de la vérité qu'un ingénieur moins habile, par des procédés plus longs et plus minutieux. »

1. *Traité des chemins de fer*, tome IV, p. 1072.

CHAPITRE III

SIGNAUX. — DÉPENSES DE LA SUPERSTRUCTURE.

Signaux. — Distance des disques au point à couvrir. Poteaux-limites de protection des disques. Distance des disques aux stations. Cloches électriques. Calage des aiguilles. Indicateurs d'aiguilles. — Convenance de l'emploi du téléphone. — Réglement relatif aux signaux sur les tramways de Loir-et-Cher. — Dépenses de la superstructure. Lignes à travers champs. Tramways. Lignes à voie de 0m 60.

Signaux. — Les chemins de fer à voie étroite étant généralement destinés à être parcourus par des trains à faible vitesse et peu nombreux, nous pensons que les signaux fixes peuvent y être, dans la plupart des cas, supprimés et que la sécurité de la circulation y sera suffisamment assurée par l'emploi de signaux à la main semblables à ceux qui sont en usage sur les grandes lignes. C'est de cette manière que sont exploités les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher, et l'expérience n'a pas révélé que cette manière de faire pût avoir des inconvénients pour des lignes desservies par 3 ou 4 trains par jour dans chaque sens.

Cependant, comme il peut arriver que certaines lignes à voie étroite aient une circulation plus importante exigeant l'emploi de signaux, il ne sera pas inutile de faire connaître de quelle manière on peut simplifier, pour les adapter à ces petites lignes, les règles usitées sur les chemins de fer à voie normale. Nous résumons ci-dessous les dispositions arrêtées dans ce but par la Commission des chemins de fer corses.

Distance des disques au point à couvrir. — Lorsque la ligne sera en palier ou en pente de moins de 5mm, il suffira que le signal d'arrêt soit placé à 300 mètres environ du point à couvrir.

Lorsque la ligne présentera une pente comprise entre 5 et 15 millimètres, le signal d'arrêt pourra être placé à 400 mètres de l'obstacle.

Enfin, lorsque le profil de la ligne présentera une pente supérieure à 15mm, il suffira de porter la distance à 500 mètres environ.

Ces distances sont bien suffisantes avec des trains relativement légers et peu rapides, surtout si, comme cela est indispensable, *tout* le matériel à voyageurs est muni du frein continu, le matériel à marchandises portant simplement des tuyaux de communication qui permettent l'action de ce frein sur une partie importante du train.

Dans le cas où il s'agit de couvrir par des signaux à la main un obstacle accidentel situé sur la voie, en un point où il n'existe pas de signaux fixes, les distances indiquées ci-dessus doivent être augmentées de 200 mètres, longueur équivalente à la distance à laquelle les mécaniciens peuvent, en général, apercevoir un signal fixe.

Toutefois, pour éviter des erreurs de la part des agents qui, arrêtés en pleine voie, peuvent ignorer sur quelle déclivité ils se trouvent, il vaut mieux fixer, pour les signaux à la main, un chiffre unique, en majorant de 200 mètres la plus grande distance indiquée ci-dessus.

Par conséquent, lorsqu'on devra poser des pétards, un drapeau ou une lanterne sur la voie, il faudra le faire à 700 mètres de l'obstacle, et cela dans les deux directions, puisqu'il s'agit de lignes à voie unique.

Poteaux-limites de protection des disques. — Lorsqu'un mécanicien aperçoit un disque à l'arrêt, il doit immédiatement se rendre maître de la vitesse de son train et avancer avec la plus grande prudence, de manière à pouvoir s'arrêter dans l'espace qui est libre devant lui, sans pouvoir atteindre la première aiguille ou la première traversée de voie protégée par le signal.

Telle est la prescription du *Code des Signaux* (Arrêté ministériel du 15 novembre 1885) dans son article 12.

Pour permettre aux agents des trains ainsi arrêtés en avant d'un obstacle de reconnaître si leur train est protégé, lui aussi, par le disque à l'arrêt qu'ils ont rencontré, il est bon de faire usage de poteaux indiquant la limite de protection du disque, c'est-à-dire placés de telle sorte qu'un nouveau train, survenant à l'improviste et trouvant le disque à l'arrêt, ait toujours le temps de s'arrêter avant d'atteindre ce poteau.

Ces poteaux devront donc être considérés eux-mêmes comme des obstacles à couvrir par les disques et, par conséquent, placés à une distance de ces derniers égale à celle qui a été indiquée plus haut, suivant le profil de la ligne.

De cette manière, si un train ayant trouvé un disque à l'arrêt a dû s'arrêter avant d'arriver à la station, le conducteur d'arrière, pour savoir si son train est dûment couvert par le disque, devra s'assurer que le dernier wagon a dépassé le poteau-limite.

Toutes les fois qu'il n'en sera pas ainsi, le train devra être considéré

comme en pleine voie et couvert à l'arrière à la distance règlementaire de 700 mètres.

Distance des disques aux stations. — Dans les stations où il y a dédoublement de la voie principale, un train qui manœuvre doit dégager complètement l'aiguille de dédoublement en empruntant la voie principale; en admettant pour ce train une longueur maxima de 200 mètres, il faudra donc, pour que ce train soit couvert pendant ses manœuvres, que le poteau-limite soit placé à 200 mètres au moins de l'aiguille de dédoublement et, par suite, que le disque avancé soit à 500, 600 ou 700 mètres de cette aiguille, suivant la déclivité.

Cloches électriques. — L'installation de sonneries à cloches aux stations et aux passages à niveau pourra rendre des services, lorsque le tracé de la ligne sera très accidenté.

Calage des aiguilles. — Dans les petites stations, où le personnel est très restreint et souvent réduit à un seul agent, il y a intérêt à éviter que cet agent soit obligé d'aller, au moment de l'arrivée d'un train qui doit prendre une aiguille en pointe, vérifier si cette aiguille est bien faite; on peut recommander dans ce but l'emploi des chevilles cadenassées qui servent à caler le contre-poids du levier de manœuvre.

Quelque temps après le passage de chaque train, une visite de l'appareil doit être faite, pour s'assurer que la lame est bien appliquée contre le rail.

Indicateur d'aiguille. — Des signaux indicateurs d'aiguilles, semblables à ceux qui sont prescrits par le Code des signaux, peuvent être employés pour augmenter les garanties de sécurité.

Nous le répétons en terminant : les différents signaux énumérés ci-dessus nous paraissent pouvoir être supprimés dans la plupart des cas sur les petites lignes à voie étroite; c'est là une économie qui n'est pas négligeable et qui pourra souvent être réalisée sans inconvénient, en raison du peu d'activité de la circulation et de la faible vitesse des trains.

De même, il ne sera pas toujours nécessaire de réunir les stations par une communication télégraphique, l'expérience faite sur plusieurs lignes de tramways, notamment sur celles de la Sarthe et de Loir-et-Cher ayant démontré que cette installation n'est pas indispensable; mais, dans le cas où l'on jugera nécessaire d'établir une communication entre les stations, il ne faudra pas hésiter à employer le téléphone, beaucoup plus commode et d'un usage plus pratique que le télégraphe. Le téléphone est installé sur le tramway de

Beaune à Arnay-le-Duc et sur un certain nombre de lignes d'intérêt local, où il donne de bons résultats.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, il n'existe aucun signal fixe ; l'exploitation se fait en ayant égard au règlement suivant, fort simple et qui suffit très bien.

TRAMWAYS DE LOIR-ET-CHER

RÈGLEMENT GÉNÉRAL N° 4

SIGNAUX

Art. 1er. — L'absence de tout signal indique que la voie est libre.

Sur tous les points et à toute heure, les dispositions doivent être prises comme si un train était attendu.

Art. 2. — Les signaux à la main s'exécutent :

Le jour, avec un drapeau vert ou rouge ;

La nuit, avec un feu blanc, vert ou rouge.

Art. 3. — Le drapeau roulé indique que la voie est libre.

Le drapeau vert déployé commande le ralentissement.

Le drapeau rouge déployé commande l'arrêt immédiat.

A défaut de drapeau rouge, l'arrêt est commandé, soit en agitant vivement un objet quelconque, soit en élevant les bras de toute leur hauteur.

Art. 4. — La lanterne à verre blanc immobile indique que la voie est libre.

La lanterne à verre vert commande le ralentissement.

La lanterne à verre rouge commande l'arrêt.

A défaut de verre rouge, toute lumière vivement agitée commande l'arrêt.

Art. 5. — La nuit, toute voiture isolée, tout train ou toute machine en marche doit porter un feu rouge à l'avant et un feu vert à l'arrière.

Quand un train est dédoublé, le feu vert d'arrière du premier train est remplacé par un feu rouge.

Art. 6. — Les signaux de nuit doivent être allumés au coucher du soleil et ne peuvent être éteints avant son lever.

Ils doivent être encore allumés pendant le jour, quand le brouillard, la neige ou toute autre cause obscurcit l'atmosphère.

Art. 7. — L'approche d'un train ou d'une machine sera signalée au moyen de la cloche.

Deux coups de cloche commandent de serrer les freins.

Un coup de cloche commande de desserrer les freins.

Art. 8. — Le signal de départ est donné par le chef de train au moyen d'un coup de cornet, après qu'il s'est assuré que tout est prêt.

Des coups saccadés de cornet commandent l'arrêt immédiat au mécanicien.

Art. 9. — Lorsque, par suite de l'état de la voie, ou pour toute autre cause, il y aura lieu de ralentir la vitesse règlementaire, un signal vert indiquera le point où le ralentissement doit s'effectuer.

Dépenses de la superstructure. — Nous avons évalué à 17000 fr. le prix du kilomètre de voie ballastée avec un rail de 18 kilogr. au mètre courant, dans l'hypothèse d'une largeur de voie de 1 mètre et nous avons ajouté que, sur les tramways, l'adoption d'un rail de 15 kilogr. permet de réduire cette dépense à 15000 fr. environ.

Pour avoir la dépense totale de la superstructure, il suffit d'ajouter à ces chiffres 14000 à 15000 fr. par kilomètre environ dans le premier cas et 4000 à 5000 fr. dans le second, représentant les frais d'établissement des stations et accessoires.

On arrive ainsi à un total de :

30000 fr. pour les lignes à travers champs,

20000 fr. pour les tramways.

Pour les lignes à voie de 0m 60, l'économie à réaliser serait bien faible si l'on adoptait les mêmes types de voie qu'avec la largeur de 1 mètre. Mais, si les circonstances permettent la réduction de poids du rail, l'emploi de la traverse métallique et la diminution d'épaisseur du ballast, le prix de la superstructure pourra diminuer un peu.

Il s'évaluera comme il suit dans les trois hypothèses d'une voie en rails de 9 k. 500, de 12 k. et de 15 k. par mètre courant, et en admettant pour les dépenses des stations et accessoires des chiffres analogues à ceux de la voie de 1 mètre.

	LIGNES A TRAVERS CHAMPS		TRAMWAYS	
Voie en rails de 9 k. 500	Voie	13 600f	Voie	13 600f
	Stations et accessoires	12 400	Stations et accessoires	3 400
	Total	26 000	Total	17 000
Voie en rails de 12 k.	Voie	17 500f	Voie	17 500f
	Stations et accessoires	13 500	Stations et accessoires	3 500
	Total	31 000	Total	21 000
Voie en rails de 15 k.	Voie	18 500f	Voie	18 500f
	Stations et accessoires	14 000	Stations et accessoires	4 000
	Total	32 500	Total	22 500

Il résulte des chiffres ci-dessus que c'est seulement dans le cas de l'emploi d'un rail de 9 k. 500, rail que nous considérons comme insuffisant pour résister convenablement aux efforts du matériel en marche, qu'on arrive à une économie par suite de l'adoption de la largeur réduite de 0^{m} 60; dans les deux autres cas, le prix de la superstructure de la voie de 0^{m} 60 est plus élevé que celui de la voie de 1 mètre.

LIVRE QUATRIÈME

MATÉRIEL ROULANT ET TRACTION. — RÉSUMÉ DES DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT D'UNE LIGNE A VOIE ÉTROITE

CHAPITRE PREMIER

MATÉRIEL ROULANT

§ 1er. — Lignes à voie d'un mètre. — Considérations générales. Ecartement des essieux. Conicité des bandages. Maximum de charge par essieu. Tamponnement et traction. Freins. Nécessité du frein continu. — Matériel à voyageurs. Matériel articulé. Voitures sur bogies à deux essieux. Voitures sur bogies à un essieu. Matériel rigide. — Matériel à marchandises. Wagons portant 10 tonnes.

§ 2. — Lignes à voie de 0 m 60. — Considérations générales. Défaut de stabilité du matériel. — Voitures à voyageurs. Matériel articulé. Matériel rigide. — Wagons à marchandises. Wagons à 2 essieux portant 3 à 5 tonnes. Wagons sur bogies portant 10 tonnes. Wagons pour le transport des bestiaux.

§ 1er. — Lignes à voie de 1 mètre.

Considérations générales. — Les conditions dans lesquelles doit être établi le matériel destiné à circuler sur les lignes à voie de 1 mètre dérivent, d'une part, de la largeur de la voie, d'autre part, du tracé des lignes en plan et en profil et, enfin, du système adopté pour leur exploitation.

Avec une largeur de voie de 1 mètre, il est difficile de donner plus de 2 m 50 à 2 m 60 de largeur aux voitures, toutes saillies comprises, sans exagérer le porte à faux des deux côtés de la voie. La longueur doit également être réduite, si l'on adopte le matériel rigide, afin de pouvoir diminuer l'écartement des essieux et permettre ainsi au matériel de passer dans des courbes à faible rayon. Quant à la disposition intérieure des voitures, elle peut varier

suivant que l'exploitation de la ligne doit être faite, soit par des trains tramways ou des trains légers, soit par des trains ordinaires ou mixtes.

Il existe, dans tous les cas, plusieurs conditions générales applicables à tout le matériel ; il y a lieu de les indiquer tout d'abord.

Écartement des essieux. — L'adoption d'une courbe limite de 100 mètres de rayon en pleine voie permet de donner au matériel rigide porté sur deux essieux un empattement total de 3 mètres.

En effet, nous avons établi dans notre *Traité complet des chemins de fer*, tome II, page 203, que le jeu à réserver, perpendiculairement à l'essieu, entre les boîtes à graissage et les plaques de garde du matériel rigide, était donné par la formule pratique

$$\varepsilon = \frac{Dd}{4R},$$

dans laquelle

ε désigne le jeu des boîtes de part et d'autre de leur position moyenne,
D l'écartement des essieux,
R le rayon minimum de la courbe,
d la largeur de la voie d'axe en axe.

Si l'on fait $D = 3^m$,
$R = 100^m$,
$d = 1^m$ (la tête du rail étant supposée de $0^m\,05$ de largeur),

on trouve

$$\varepsilon = \frac{3 \times 1{,}05}{400} = 0^m\,0079,$$

soit un jeu de 8^{mm} environ de chaque côté des boîtes à graissage.

Ce jeu est parfaitement admissible et ne nuira en rien à la stabilité du matériel.

Si l'écartement des essieux était réduit à $2^m\,50$, le jeu nécessaire pour permettre leur convergence au centre de la courbe de 100 mètres serait seulement de $0^m\,0065$; avec $1^m\,80$ d'écartement (cote adoptée pour le matériel des tramways de Loir-et-Cher), il suffirait d'un jeu de $0^m\,0047$.

Conicité des bandages. — Ainsi que nous l'avons établi en parlant de l'inclinaison du rail, il y a lieu d'adopter pour la conicité des bandages, soit le chiffre de 1/20 généralement admis pour le matériel des grandes voies, soit plutôt celui de 1/17, qui a été employé avec succès en Allemagne.

Maximum de charge par essieu. — La charge par essieu dépend essentiellement de la force du rail adopté ; avec les types de rails étudiés pour les chemins de fer de la Corse, qui pèsent 21 et 23 kilogr. au mètre courant, la

charge peut aller sans inconvénient à 8 tonnes et cette limite permet d'établir des locomotives ayant une puissance de traction et une adhérence suffisantes, et des wagons pouvant contenir 10 tonnes de charge utile.

Avec le rail de 18 kilogr. la charge par essieu doit être limitée à 6 tonnes ; avec le rail de 15 kilogr. on ne peut guère dépasser 4 tonnes 1/2 à 5 tonnes.

Tamponnement et traction. — Le système le plus simple et le meilleur pour la transmission des efforts d'un véhicule à l'autre est celui du tamponnement unique central, à la condition que la traction soit continue et rigide et que le tampon de choc soit élastique, de manière que l'effort de traction ne puisse ni diminuer, ni, à plus forte raison, supprimer la pression des tampons l'un sur l'autre ; la séparation des tampons produirait, en effet, dans le train une instabilité désagréable qu'il est nécessaire d'éviter.

La forme du tampon peut être une section de cylindre de grand diamètre, à génératrices verticales, de manière que les deux tampons restent toujours en contact au passage dans les courbes, quel que soit leur rayon.

Dans ce système, chaque voiture est entraînée par la barre de traction unique, à laquelle elle est reliée par des ressorts en spirale, en même temps que sa position par rapport aux voitures voisines est maintenue par le serrage des tampons. Les ressorts d'attache en spirale peuvent être simples ou doubles, suivant le poids des véhicules, et les barres de traction sont en deux parties, avec manchons clavetés ou filetés (fig. 99 et 100).

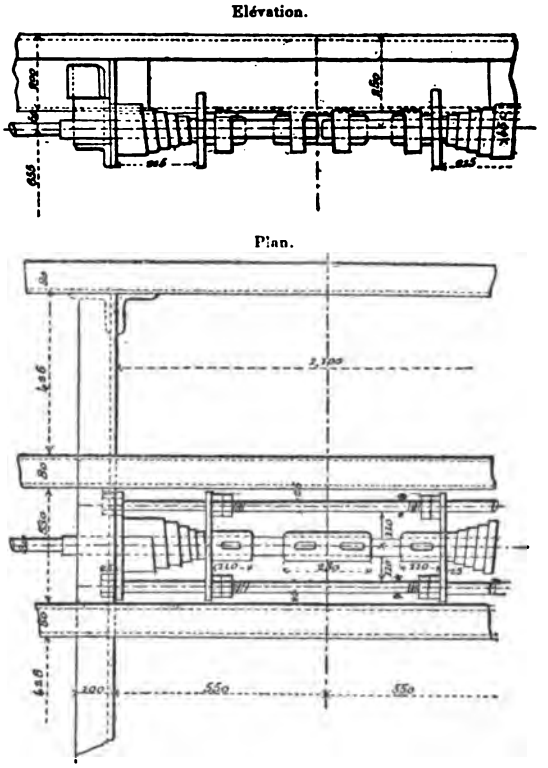


Fig. 99. — Traction continue à 2 ressorts avec manchon claveté.

Cette disposition, dans laquelle les chaînes de sûreté sont conservées, présente les plus grands avantages au point de vue des facilités d'accrochage et d'accès de la partie centrale de l'attelage, que la présence de deux tampons (comme dans le matériel des grandes voies) rendrait très difficiles dans un matériel

où l'axe de traction est placé très bas (à 0m 80 environ de hauteur). Elle a, en outre, ce résultat précieux de soustraire le corps de la voiture, caisse et châssis, à l'action directe de l'effort de traction; celui-ci ne s'exerce que sur la barre d'attelage, dont les différents tronçons rigides sont rendus solidaires et forment presque une barre continue, grâce au serrage des tampons, maintenus l'un contre l'autre par les tendeurs à vis. Il en résulte que la caisse et le châssis de la voiture sont à l'abri des variations brusques de l'effort de traction; les chocs, les arrêts ne se font sentir sur elle qu'après avoir été atténués par l'élasticité des ressorts en spirale. Cette disposition est donc éminemment favorable à la conservation du matériel.

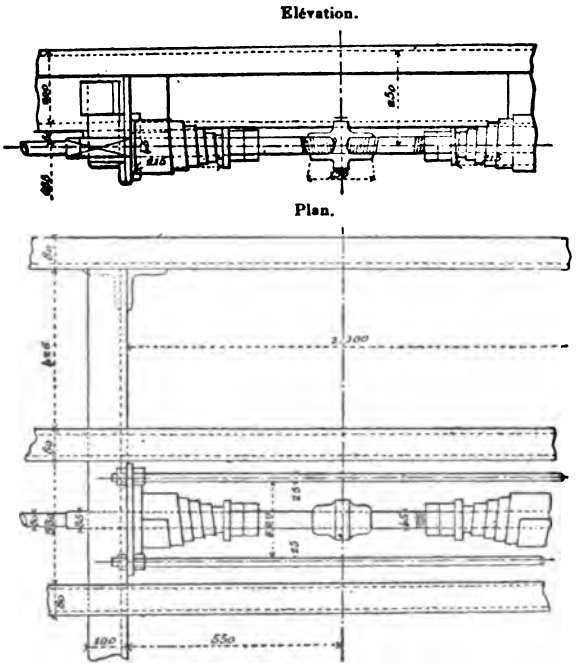


Fig. 100. — Traction continue à 2 ressorts avec manchon fileté.

Le système de tamponnement central à traction continue et rigide a d'ailleurs reçu la sanction de l'expérience; il est employé presque généralement, avec diverses modifications de détails, sur toutes les lignes à voie étroite de France, de Suisse, de Suède, d'Angleterre, du Pérou, du Brésil, des Indes et de l'Amérique du Nord; aux Etats-Unis, tout le matériel de grande et de petite voie en est muni. Il augmente beaucoup la souplesse des trains et facilite leur passage dans les courbes; il diminue en même temps les résistances en marche, ainsi que l'usure des bandages et de la voie.

A tous les points de vue, ce système doit donc être recommandé pour le matériel des lignes à voie étroite; il est fort probable, d'ailleurs, que si le matériel des grandes lignes était aujourd'hui à refaire, c'est cette disposition qui serait adoptée pour les attelages.

Freins. — L'emploi du frein continu est, suivant nous, indispensable sur tout le matériel à voyageurs des lignes à voie étroite.

Sur les lignes à profil accidenté, cela ne peut pas faire de doute; le frein continu, combiné avec l'action de la contre-vapeur, fournira, sur ces lignes, un puissant moyen d'arrêt et de modération de la vitesse sur les pentes, et

contribuera à augmenter la sécurité. Sur les lignes établies en pays de plaine, le frein continu n'est pas moins nécessaire, mais pour une autre raison; c'est qu'il permet de diminuer le personnel du train, d'où économie très appréciable dans l'exploitation.

La nécessité du frein continu se fait de même sentir sur les tramways, dont la vitesse de marche est cependant bien réduite, puisqu'elle ne doit pas dépasser 20 kilomètres à l'heure dans toutes les parties qui empruntent les routes et chemins; l'emploi de ce frein permet, là aussi, la réduction du personnel qui, avec les freins ordinaires, doit être de 4 agents par train, savoir : un mécanicien et un chauffeur; un conducteur chef, chargé de la délivrance des billets et de tout ce qui concerne le transport des bagages, messageries, marchandises; un garde-frein, chargé de la manœuvre des freins ordinaires. Nul doute que l'emploi des freins continus ne permette la suppression de ce dernier agent. L'installation du frein continu est, d'ailleurs, aujourd'hui un fait accompli sur les tramways de la Sarthe, de Loir-et-Cher, de la Dordogne, etc.

Quel que soit le système adopté, toutes les voitures à voyageurs devront recevoir un appareil de serrage actionné par le mécanicien; les wagons à marchandises pourront n'avoir que des conduites et des tuyaux de raccordement, sans appareil de serrage, de manière à pouvoir être accouplés avec les voitures à voyageurs, sans interrompre l'action du frein continu.

C'est cette disposition qui est adoptée sur la petite ligne de Hermes à Beaumont, dont nous avons déjà plusieurs fois cité les installations : toutes les voitures sont pourvues du frein à vide; les fourgons ont, en plus, le frein à vis; les wagons à marchandises ont tous le frein à main, et portent des raccords pour le passage du frein à vide.

Les mêmes installations ont été réalisées sur le matériel des chemins de fer sur routes du Cambrésis.

Matériel a voyageurs. — Les voitures à voyageurs employées sur les lignes à voie étroite se rattachent, comme celles des lignes à voie normale, à deux types principaux : le type américain à bogies et le type à essieux parallèles ou rigide. Le premier, universellement employé aux États-Unis sur les voies larges et étroites, est également adopté aux Indes et au Brésil sur les lignes à voie étroite. Le second est presque généralement employé en France.

Une expérience intéressante a cependant été faite en France, depuis quelques années, de l'emploi du matériel américain sur la ligne d'Anvin à Calais, et cette expérience semble avoir donné d'excellents résultats[1].

1. Sampité. *Les chemins de fer à faible trafic en France*, p. 260.

Sur la partie de cette ligne comprise entre Saint-Pierre-lès-Calais et Guise, où la circulation des voyageurs est très importante, on a été amené à remplacer les voitures ordinaires par des voitures du type américain, de grande longueur, portées sur deux bogies, contenant 55 places et pesant 8 tonnes; ces voitures sont à couloir central, avec deux places de chaque côté du couloir et disposent de deux larges plateformes à l'avant et à l'arrière. Elles ont été étudiées par M. Banderali, sur la demande de M. E. Level, directeur de la Société concessionnaire de cette ligne. Ces voitures ont une grande stabilité, elles passent facilement dans les courbes raides et leur roulement est très doux; aussi le public a-t-il une préférence très marquée pour elles, et il n'entre dans les compartiments ordinaires que lorsque les voitures à bogies sont remplies.

L'expérience a été tellement satisfaisante que la Société des chemins de fer économiques a décidé d'armer exclusivement en matériel américain, avec compartiments de 1re et 2e classes, les autres lignes dont elle a obtenu la concession.

Ce matériel semble donc convenir particulièrement bien au transport des voyageurs sur les lignes à voie de 1 mètre. La longueur des voitures ne saurait d'ailleurs être un obstacle à son adoption; car une seule d'entre elles, aménagée en deux ou trois classes, peut suffire dans bien des cas sur les lignes à faible trafic.

D'ailleurs, dans le cas où l'emploi exclusif de ce matériel pourrait présenter des inconvénients, soit par suite de la faible fréquentation des lignes, soit lorsqu'il est nécessaire d'ajouter des voitures en cas d'affluence, on peut le combiner avec celui des voitures de type ordinaire, portées sur deux essieux rigides, avec ou sans couloir intérieur et présentant une faible longueur et, par suite, un faible poids.

Nous décrirons donc quelques types de voitures de ces différents genres, en les empruntant, soit aux articles déjà cités de MM. Sartiaux et Banderali, soit aux documents qui ont servi à l'établissement des tramways de la Sarthe, de Loir-et-Cher, de Beaune à Arnay-le-Duc, etc.

Matériel articulé — Nous représentons (fig. 101 à 103) un type de voiture mixte à compartiments séparés de trois classes et (fig. 104 à 106) un type de voiture à couloir et à plateforme. La largeur totale ne dépasse pas 2^m 50 et la hauteur dans l'axe est de 3 mètres.

La première voiture contient 6 places de 1re classe, 11 places de 2e classe et 27 places de 3e classe, en tout 44 places; deux compartiments de 3e classe, de 8 places chacun, peuvent être complètement isolés.

VOITURE MIXTE DE 1re, 2e ET 3e CLASSES (44 PLACES)

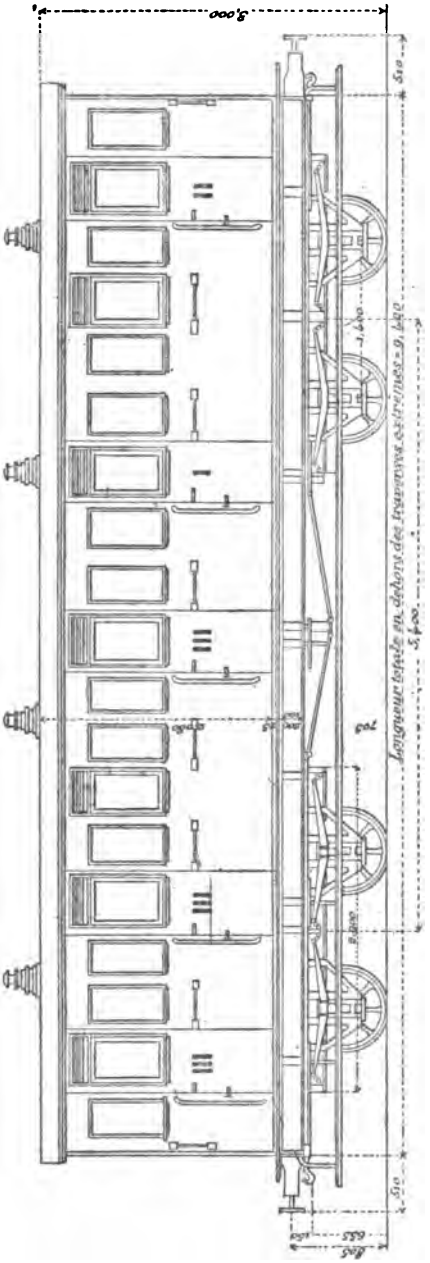


Fig. 102. — Élévation.

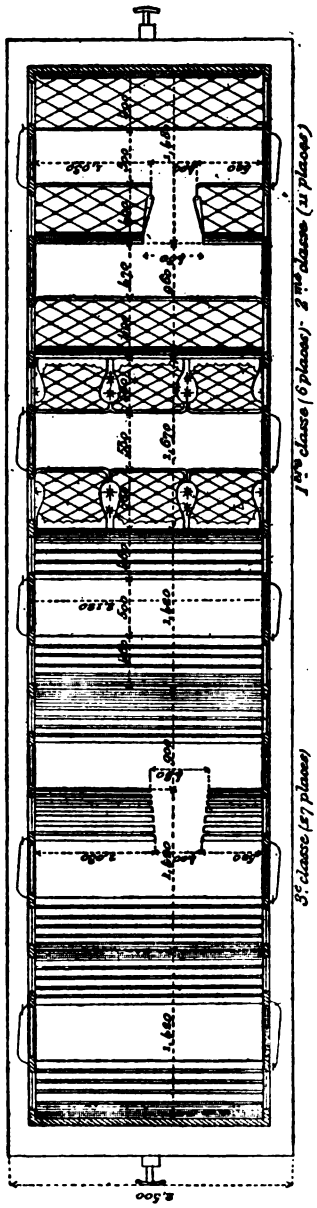


Fig. 103. — Plan.

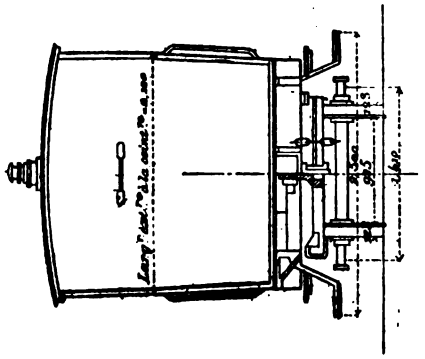


Fig. 101. — Vue par bout.

VOITURE MIXTE DE 2e ET 3e CLASSES (36 PLACES) AVEC COMPARTIMENT POUR LES BAGAGES ET POUR LA POSTE

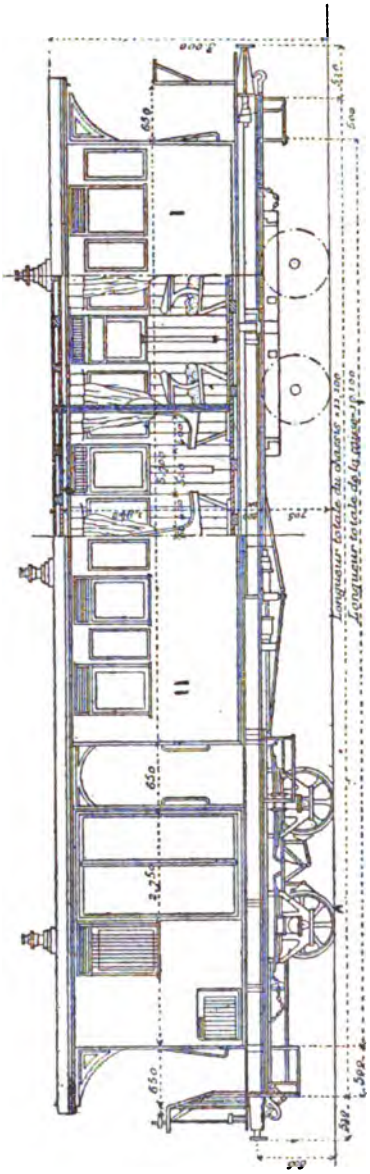


Fig. 103. — Élévation.

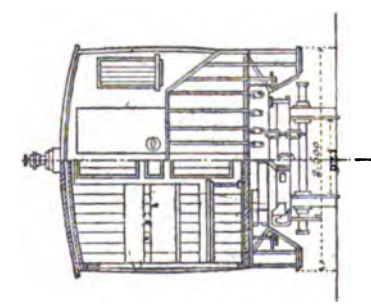


Fig. 104. — Vue par bout.

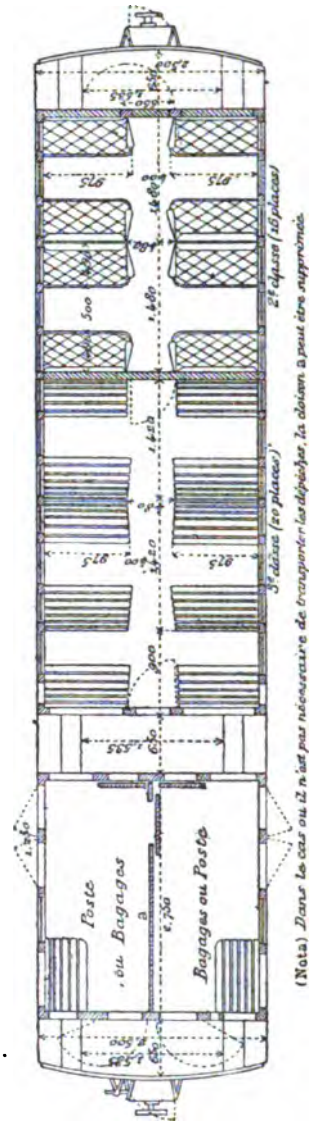


Fig. 106. — Plan.

Les principaux éléments du châssis sont les suivants :

Écartement d'axe en axe des bogies	$5^m 400$
— des essieux des bogies	$1^m 400$
Longueur du châssis de caisse	$9^m 420$
Hauteur des appareils de choc au dessus du rail	$0^m 805$
— de la traction au dessus du rail	$0^m 655$
Diamètre des roues	$0^m 700$
Longueur des ressorts	$1^m 200$

Les bogies sont à deux essieux. Leurs châssis sont en fer ; ils ont 2^m 90 de longueur et sont entretoisés de manière à résister au poids de la caisse. Les essieux sont montés de roues à rayons en fer forgé, de 0^m 70 au roulement ; ils ont 0^m 110 de diamètre au corps ; les fusées ont 0^m 080 de diamètre et 0^m 150 de longueur.

Le châssis de caisse est tout en fer, avec traction centrale et tampon central. Il se compose essentiellement de deux longerons formés de deux fers en I, de 0^m 20 de hauteur, de deux traverses extrêmes en] et de six traverses intermédiaires. Ce châssis, fortement entretoisé, est complété par quatre fers en U, de 80/40 ^{mm}, disposés en losange à l'intérieur du grand rectangle que forment les longerons et les traverses extrêmes ; ce rectangle est rendu invariable à ses sommets par des tôles triangulaires rivées sous les ailes inférieures des fers.

La deuxième voiture (fig. 104 à 106) est à couloir central avec plateformes aux deux extrémités ; c'est un type analogue à celui de la ligne d'Anvin à Calais. Il comprend 16 places de 1re classe et 20 de 2e classe, en tout 36 places, plus un compartiment à bagages avec niches à chiens et un compartiment pour la poste. Chaque partie de la voiture a un accès facile et indépendant, soit par les plateformes extrêmes, soit par le couloir central ; des portes roulantes ou battantes établissent les communications nécessaires.

Le type de voiture de 3e classe, à 55 places, ne diffère du précédent que par la suppression des compartiments réservés aux bagages et à la poste ; le couloir central règne sur toute la longueur de la voiture.

Sur le tramway de Beaune à Arnay-le-Duc, on a fait l'essai d'un système de voiture à bogies composés chacun d'un seul essieu ; on n'en a fait l'application qu'à un seul véhicule, un wagon-salon affecté au service des quatre lignes de la Côte-d'Or. Il est représenté (fig. 107).

Le châssis, entièrement métallique, est relié à chaque bogie par une cheville ouvrière (fig. 108) et par quatre plaques de frottement à plans inclinés semblables à ceux d'un bissel de locomotive (fig. 109 et 110). Les deux bogies sont reliés entre eux par des tiges de connexion à ressort, disposées en

croix de saint André, montées avec une tension initiale suffisante pour maintenir les deux essieux parallèles dans les alignements et leur permettant de converger dans les courbes. Ces bogies sont, en outre, munis de chaînes de sûreté les reliant au châssis. L'écartement des essieux est de 3 m 80.

LIGNE DE BEAUNE A ARNAY-LE-DUC. — VOITURE-SALON

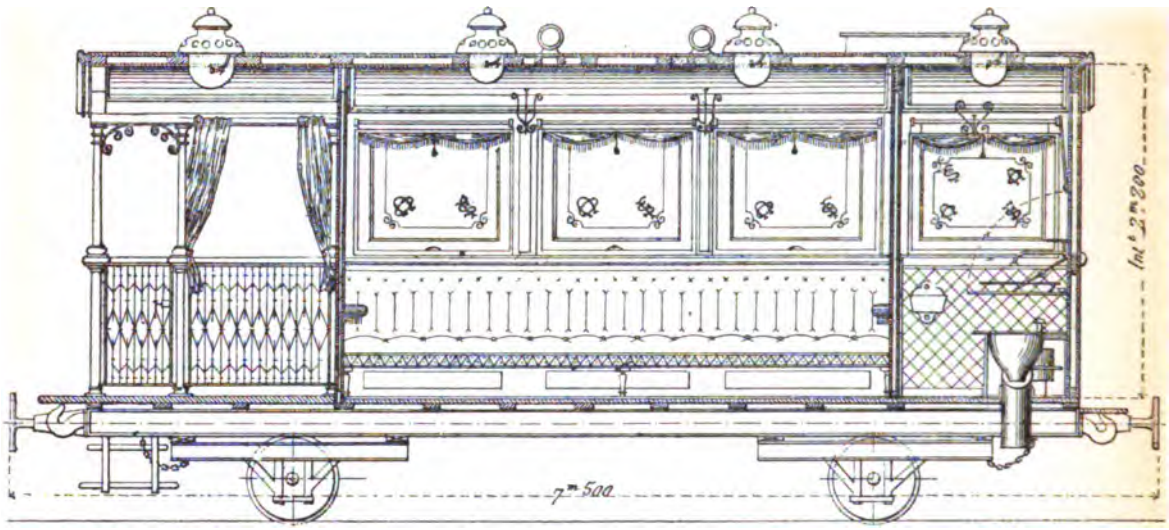


Fig. 107. — Coupe longitudinale. (Échelle 1/50.)

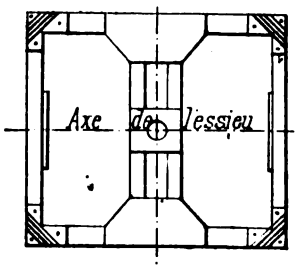


Fig. 108. — Plan du bogie.

Fig. 110. — Coupe EF.

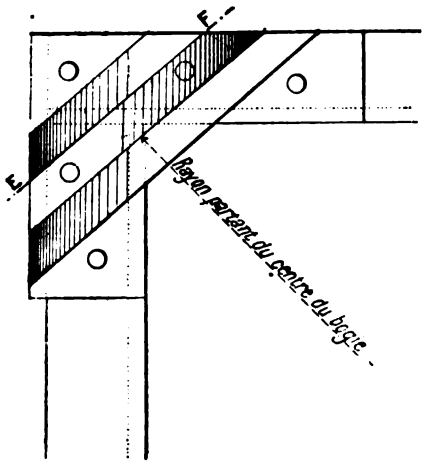


Fig. 109. — Glissière de contact.

En raison de la nouveauté de ce système, on ne l'a pas adopté pour le matériel courant ; on n'a voulu faire qu'un essai et attendre la sanction de l'expérience avant de le généraliser. Jusqu'à présent les résultats obtenus

sont très satisfaisants et, si la solidité de l'appareil est en rapport avec sa souplesse, on aura réalisé, par l'emploi des bogies à un seul essieu, un matériel applicable aux lignes à faibles rayons et permettant une moins grande usure des bandages que le matériel rigide. Il était intéressant, en tout cas, de signaler cette tentative qui est récente.

Nous aurions encore à citer, comme exemple de matériel articulé, les voitures du système Rowan, employées sur différentes lignes de tramways; mais, en raison de leur liaison avec le moteur, nous nous réservons d'en parler en même temps que des machines.

Matériel rigide. — Il existe en France de nombreux exemples de matériel à essieux fixes sur les lignes à voie étroite. Nous citerons, par exemple, les lignes de Hermes à Beaumont, d'Anvin à Calais, du Cambrésis, d'Indre-et-Loire, les tramways de la Sarthe, de Loir-et-Cher, de la Dordogne, etc. Sur les unes, le matériel, à compartiments séparés, n'est en quelque sorte qu'une reproduction, à une échelle plus petite, du matériel des grandes lignes; sur d'autres, la caisse est à couloir central.

CHASSIS DE VOITURE AVEC TRACTION CENTRALE

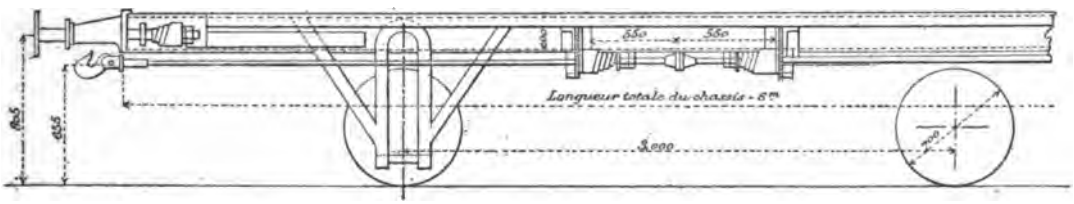


Fig. 111. — Coupe longitudinale.

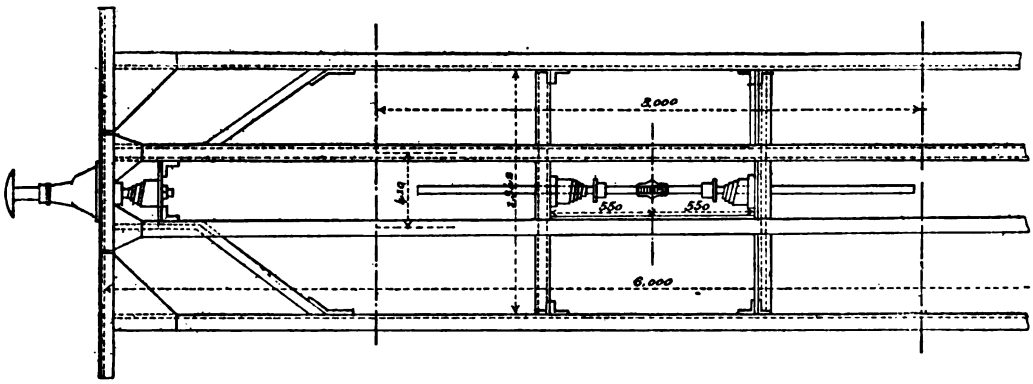


Fig. 112. — Plan.

Nous représentons (fig. 111 et 112) les dispositions communes qui peuvent être adoptées pour le châssis, lorsqu'on admet un écartement d'essieux de 3 mètres.

Les principaux éléments de ce châssis sont les suivants :

Écartement des essieux	3 m
Longueur totale du châssis	6 m
Hauteur des appareils de choc au dessus du rail	0 m 805
Hauteur de la traction au dessus du rail	0 m 655
Diamètre des roues	0 m 700
Longueur des ressorts	1 m 500

Le châssis est en fer, avec traction continue centrale et tampon central. Il se compose de deux longerons formés de deux fers en U de 0 m 20 de hauteur. Ces deux longerons sont entretoisés à leurs extrémités par des traverses, également formées de fers en U, et par des tôles transversales supportant les ressorts en spirale, qui forment le point d'attache de la voiture avec la barre de traction continue. Ces deux tôles sont réunies par des boulons, placés de chaque côté de la tige de traction pour les entretoiser. Le châssis est complété par deux petits fers en U renversé, disposés sur toute la longueur et espacés de 0 m 410 d'axe en axe.

Les dimensions des essieux sont celles qui ont déjà été indiquées pour le matériel articulé.

Quant aux dispositions de la caisse, elles sont représentées par les figures 113, 114 et 115 qui reproduisent un type de voiture mixte de 1re et 2e classes à compartiments isolés, contenant 24 places (Réseau Sud d'Indre-et-Loire).

Le châssis n'a que 5 m 75 de longueur; la caisse a 1 m 94 de hauteur à l'intérieur et 2 m 05 à l'extérieur, ce qui permet l'établissement d'un double toit, nécessaire dans les pays chauds. Le compartiment de 1re classe, contenant 8 places, a 2 m 67 de longueur et forme salon; ceux de 2e classe ont 1 m 55 et contiennent chacun 8 places. Une voiture de ce type pèse 4 600 kilogr. à vide et 6 280 kilogr. environ en charge.

Une voiture de 3e classe d'un type analogue peut être établie sur un châssis de 6 mètres de longueur environ, avec quatre compartiments de 1 m 455 chacun et 32 places en tout. C'est à peu près le cas de la voiture de 3e classe du réseau de la Corse, représentée par les figures 116 à 118, qui pèse 4 990 kilogr. à vide.

Quant au fourgon à bagages, nous représentons (fig. 119 à 121) celui des chemins de fer du réseau Sud d'Indre-et-Loire. Le châssis a 5 m 50 de longueur; il comporte un compartiment pour la poste et pèse 3 900 kilog. à vide.

Sur les lignes de tramways, on peut sans inconvénient adopter un matériel un peu plus réduit. Celui des tramways de Loir-et-Cher, qui est à couloir

RÉSEAU SUD D'INDRE-ET-LOIRE. — VOITURE MIXTE DE 1re ET 2e CLASSES. (Echelle 1/50.)

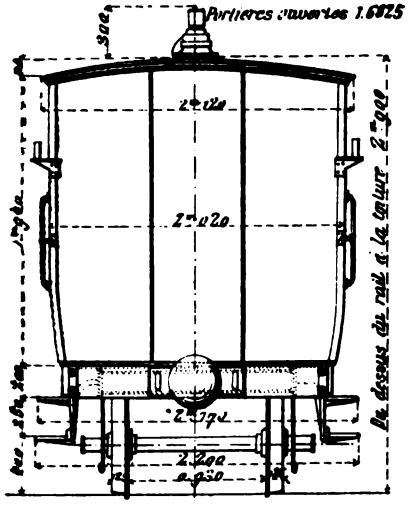


Fig. 113. — Vue par bout.

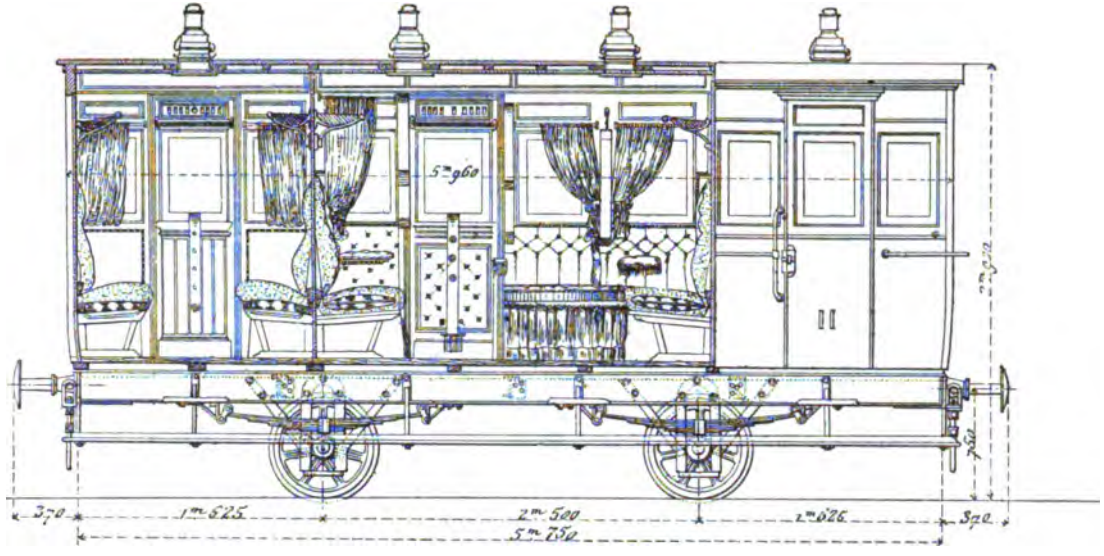


Fig. 114. — Coupe longitudinale.

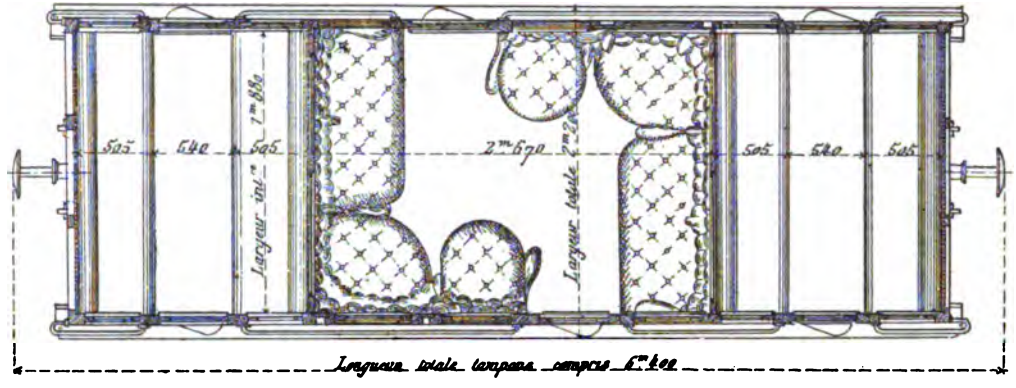


Fig. 115. — Plan.

POIDS

A vide.....	4600 k.
En charge.....	6280

PLACES

1re classe.....	8
2e classe.....	16

RÉSEAU DE LA CORSE. — VOITURE DE 3e CLASSE. (Echelle 1/50.)

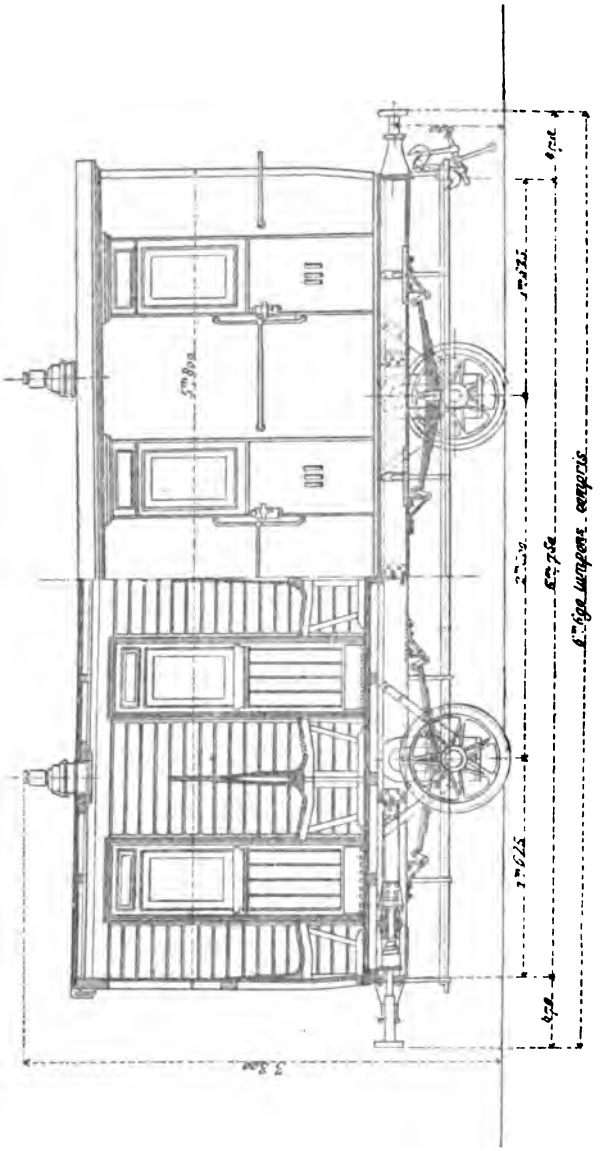


Fig. 117. — Coupe longitudinale.

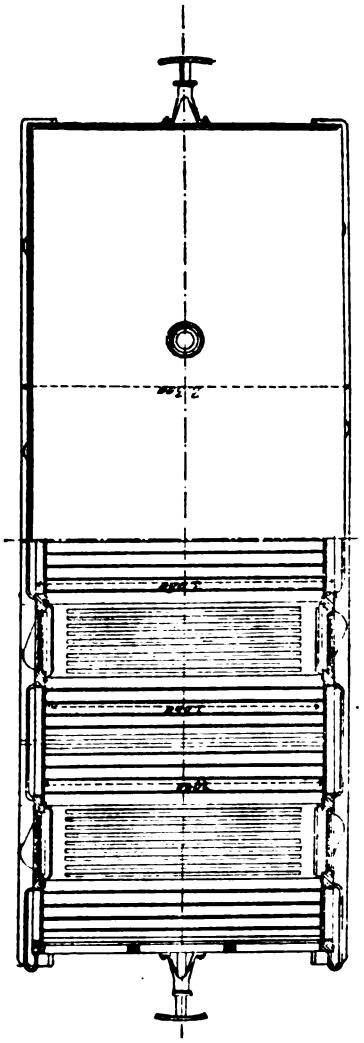


Fig. 118. — Plan.

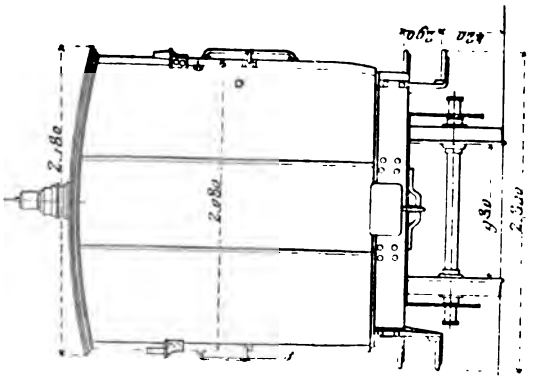


Fig. 116. — Vue par bout.

Places 32

Tare..... 4 990 k.

RÉSEAU SUD D'INDRE-ET-LOIRE. — FOURGON AVEC FREIN A VIS. (Echelle 1/50.)

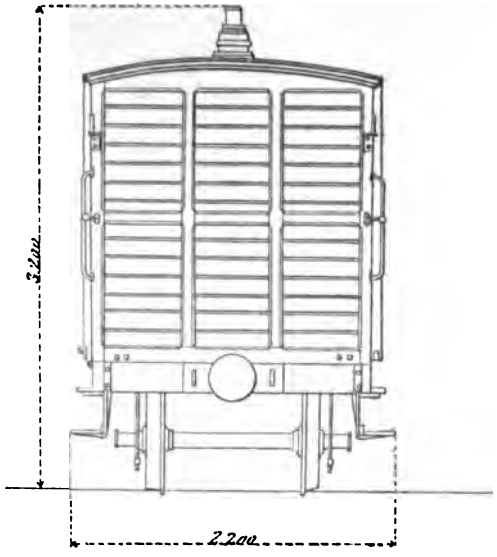


Fig. 119. — Vue par bout.

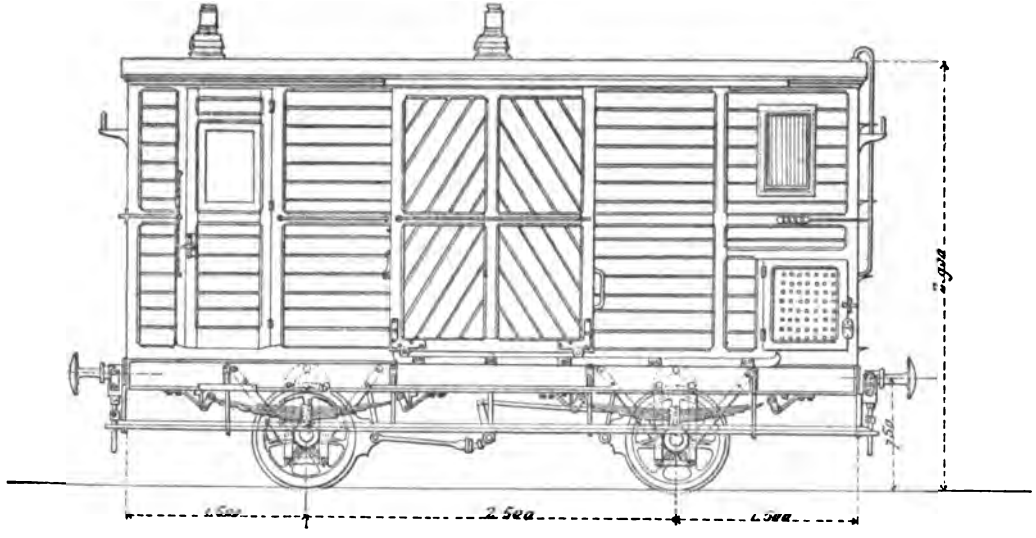


Fig. 120. — Coupe longitudinale.

Tare . . . . . 3900 k.

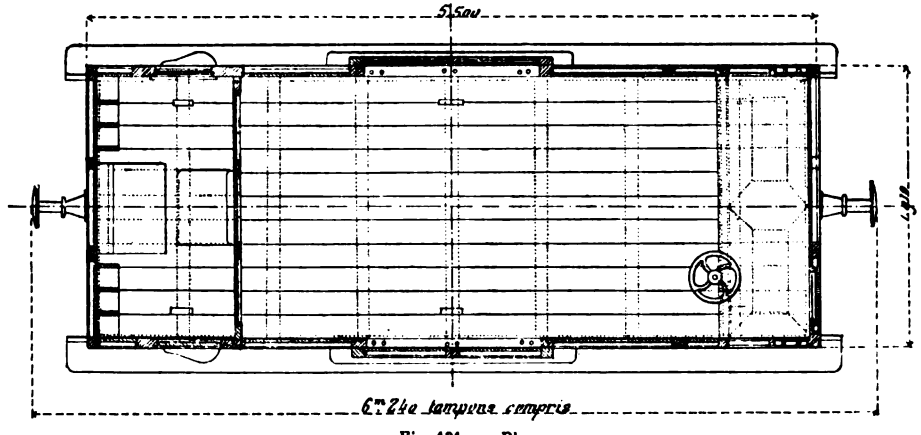


Fig. 121. — Plan.

central, présente une largeur de 2 mètres, toutes saillies comprises, et une hauteur au dessus du rail qui ne dépasse pas 3 mètres.

La figure 122 représente le plan d'un châssis de fourgon à bagages. C'est, à peu de chose près, le châssis des voitures à voyageurs.

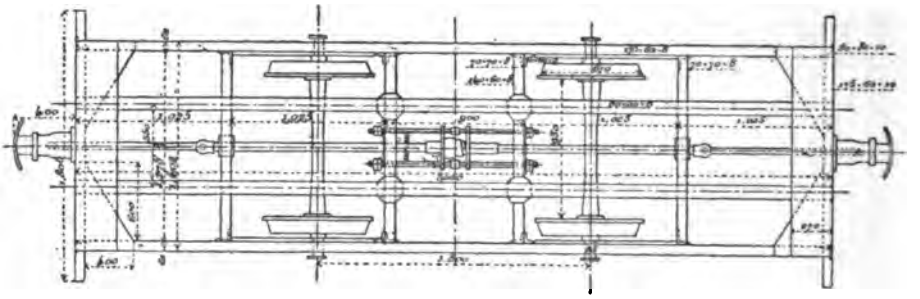


Fig. 122. — Tramways de Loir-et-Cher. — Fourgon à bagages. — Plan du châssis. (Échelle 1/50)

Ses éléments principaux sont résumés ci-dessous :

Écartement des essieux	$1^m 80$	
Longueur totale du châssis	5^m	pour les fourgons.
	$5^m 50$	pour les voitures.
Hauteur des appareils de choc au dessus du rail	$0^m 65$	
Hauteur de la traction au dessus du rail	$0^m 49$	
Diamètre des roues (au roulement)	$0^m 67$	
Longueur des ressorts	$0^m 80$	pour les fourgons.
	$1^m 30$	pour les voitures.

Les figures 123 à 125 représentent une voiture mixte de 1re et 2e classes, contenant 16 places à l'intérieur. Sa longueur totale, hors tampons, est de $6^m 30$; elle comporte deux plateformes extérieures de $0^m 75$ de longueur sur toute la largeur de la voiture. La hauteur intérieure, dans l'axe, est de $2^m 09$; la largeur, de $1^m 68$. Les banquettes sont disposées dans le sens longitudinal; elles ont $3^m 76$ de longueur et $0^m 485$ de largeur et laissent entre elles un couloir central de $0^m 71$, qui permet la circulation d'un bout à l'autre du train. Les deux compartiments sont séparés par une porte roulante.

Le poids des véhicules de ce type varie de 3 200 à 3 500 kilogr.

Quant au fourgon à bagages, il est représenté par les figures 126 à 128. Il comporte, comme tout le matériel, une plateforme à chaque extrémité, permet l'établissement d'un compartiment spécial pour la poste et pèse 3 780 kilogr. à vide. Son chargement peut atteindre 6 tonnes.

TRAMWAYS DE LOIR-ET-CHER. — VOITURE MIXTE DE 1re ET 2e CLASSES. (Echelle 1/50.)

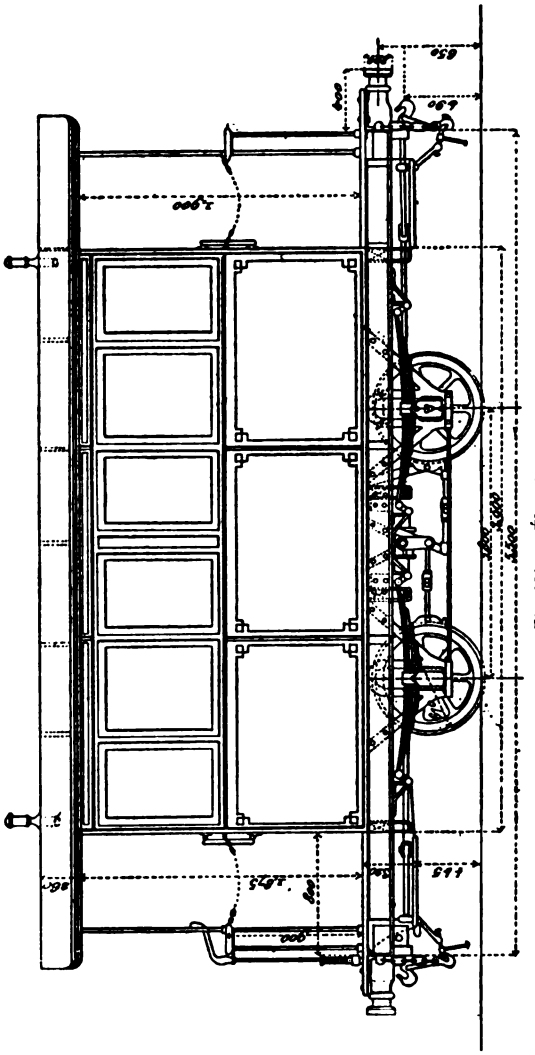


Fig. 124. — Élévation.

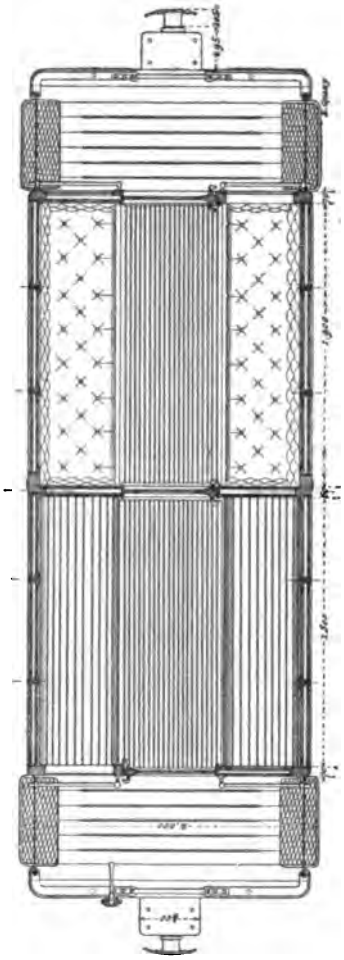


Fig. 125. — Plan.

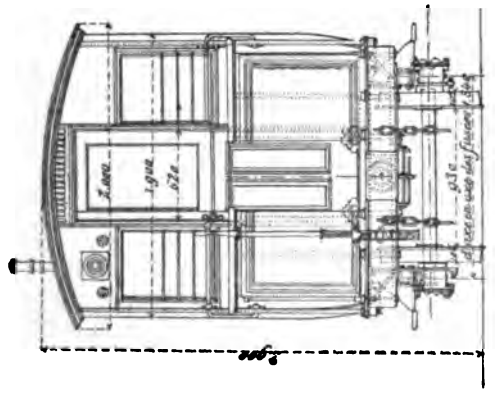


Fig. 123. — Vue par bout.

Tare..... 3200 à 3500 k.

TRAMWAYS DE LOIR-ET-CHER. — FOURGON A BAGAGES. (Echelle 1/50.)

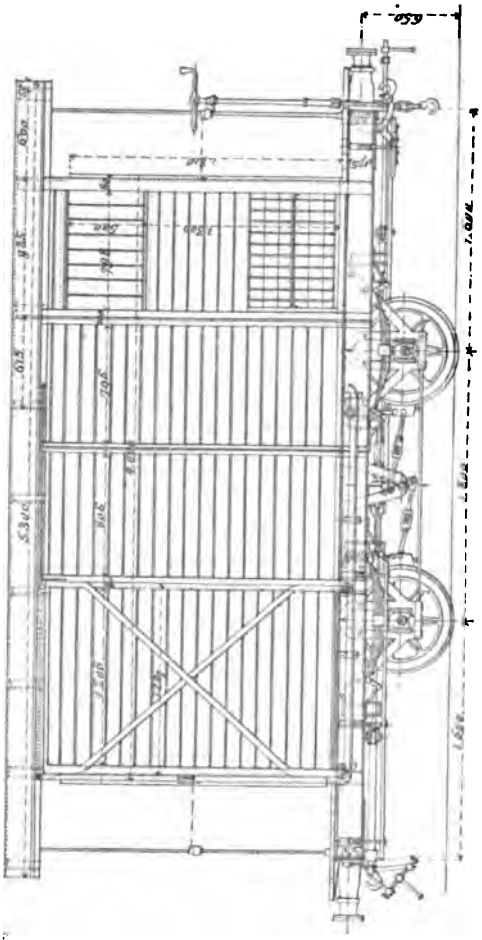


Fig. 127. — Élévation.

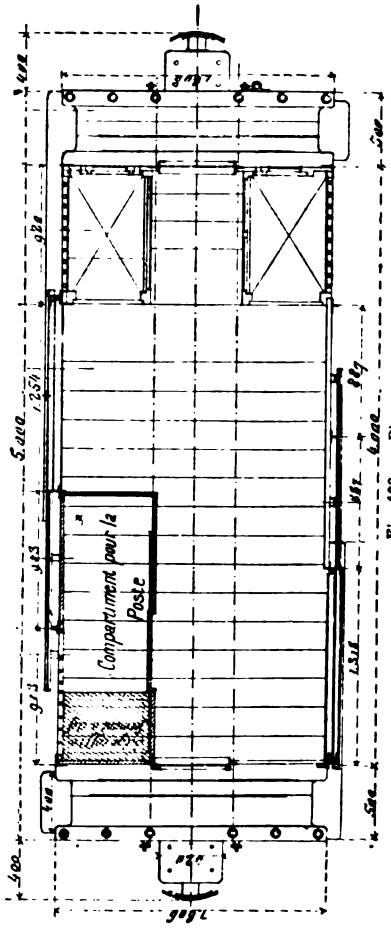


Fig. 128. — Plan.

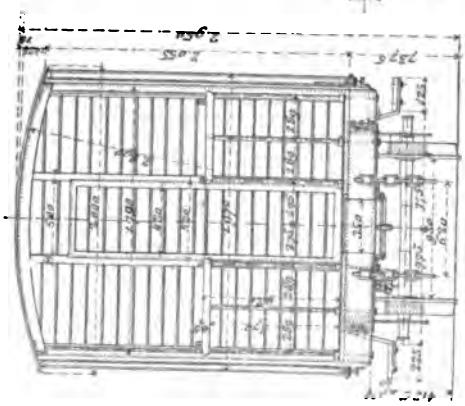


Fig. 126. — Vue par bout.

Le choix à faire entre les voitures à compartiments séparés et les voitures à couloir central dépend évidemment des besoins de l'exploitation. Nous croyons toutefois qu'en général, sur les petites lignes à faible trafic et à parcours peu étendu, le type à couloir central est préférable. Il est en tout cas indispensable sur les tramways, où la distribution des billets se fait en cours de route. Les voitures à plateformes sont d'ailleurs très appréciées du public, surtout pendant la belle saison.

Matériel a marchandises. — L'établissement des wagons à marchandises ne présente pas, sur les lignes à voie d'un mètre, les mêmes difficultés que celui des voitures à voyageurs.

Les types à adopter sont au nombre de trois, comme sur les grandes lignes : wagon plate-forme, wagon tombereau et wagon couvert. Les figures 129, 130 et 131 représentent les types adoptés pour les chemins de fer corses.

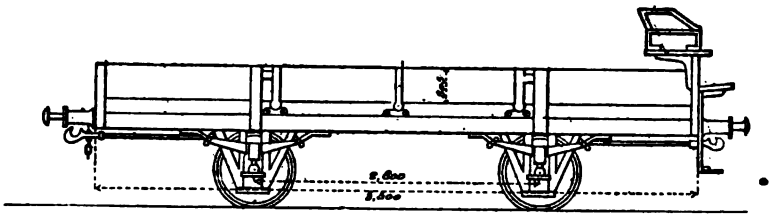


Fig. 129. — Wagon plate-forme (10 tonnes).

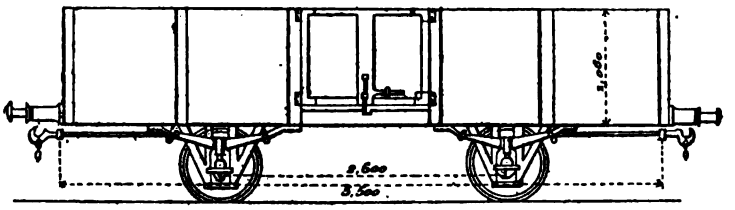


Fig. 130. — Wagon tombereau (10 tonnes).

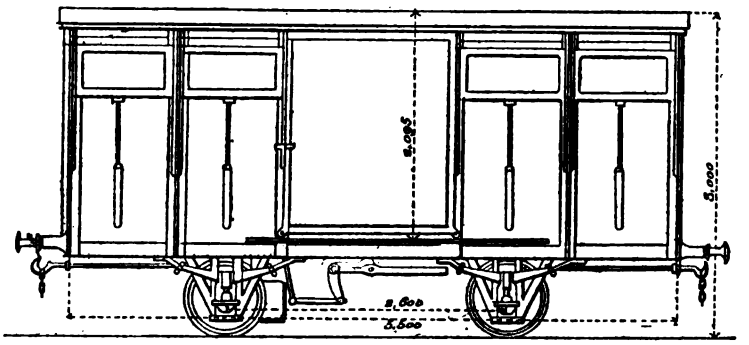


Fig. 131. — Wagon fermé à marchandises (10 tonnes).

Le châssis a 5m 50 de longueur; il est semblable à celui des voitures à voyageurs. Les ressorts ont 1 mètre de longueur; l'écartement des essieux

est de 2m 60; les roues sont à rayons en fer forgé et ont 0m 70 de diamètre. Les essieux ont 0m 110 de diamètre au corps; leurs fusées ont 0m 08 de diamètre et 0m 15 de longueur. Le poids est de 3 100 kilogr. pour le wagon plat, de 4 300 kilogr. pour le tombereau et de 5 000 kilogr. pour le wagon fermé. Le chargement est de 10 tonnes.

Nous avons déjà appelé l'attention sur l'intérêt qu'il y a à adopter sur les lignes à voie de 1 mètre des wagons portant 10 tonnes, comme sur les grands réseaux.

Le matériel des tramways de Loir-et-Cher comporte également trois types de wagons à marchandises, dont les conditions d'établissement sont résumées ci-dessous.

	WAGON PLAT	WAGON TOMBEREAU	WAGON COUVERT
Longueur totale du châssis	4m50	4m50	5m00
Longueur hors tampons	5,30	5,30	5,80
Écartement des essieux	1,80	1,80	1,80
Longueur des ressorts	0,80	0,80	0,80
Diamètre des roues	0,67	0,67	0,67
Essieux. Diamètre au corps	0,075	0,075	0,075
Essieux. Diamètre des fusées	0,065	0,065	0,065
Essieux. Longueur des fusées	0,130	0,130	0,130
Poids à vide	2 600 k.	2 880k.	3 540 k.
Chargement	5 000	5 000	5 000

§ II. — Lignes à voie de 0m 60.

Considérations générales. — En raison de la faible largeur de la voie, on est obligé de diminuer la largeur du matériel roulant, sous peine de voir la stabilité compromise. On adopte généralement dans le système Decauville une largeur de 1m 70 à 1m 80; mais, même avec cette largeur, sensiblement inférieure à celle des véhicules de la voie de 1 mètre, la stabilité n'est pas parfaitement assurée en cas de vent violent ou de déplacement accidentel de la charge, surtout dans le matériel rigide. Pour le surplus, les voitures et wagons ne diffèrent pas beaucoup de ceux de la voie d'un mètre. Nous en décrirons quelques types.

Voitures a voyageurs. — *Matériel articulé.* — Le seul moyen d'avoir quelque stabilité avec la voie de 0m 60 consiste à employer de longues voitures portées sur deux bogies, à 2 essieux chacun. Il en existe des types nombreux. Nous en représentons seulement deux; le premier (fig. 132 à 134)

VOITURE A DEUX BOGIES POUR VOIE DE 0m60. (Echelle 1/60.)

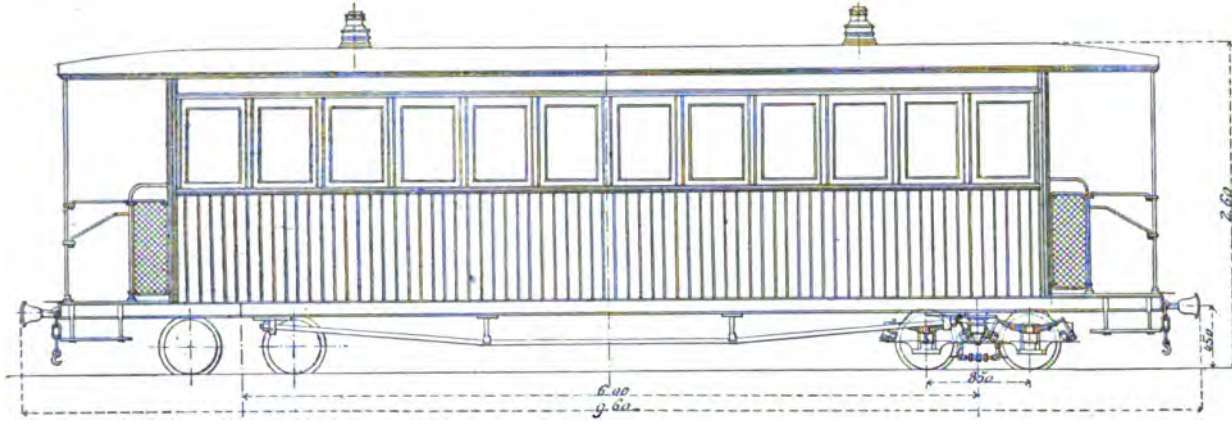


Fig. 132. — Elévation.

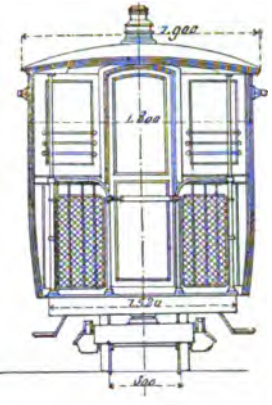


Fig. 133. — Vue par bout.

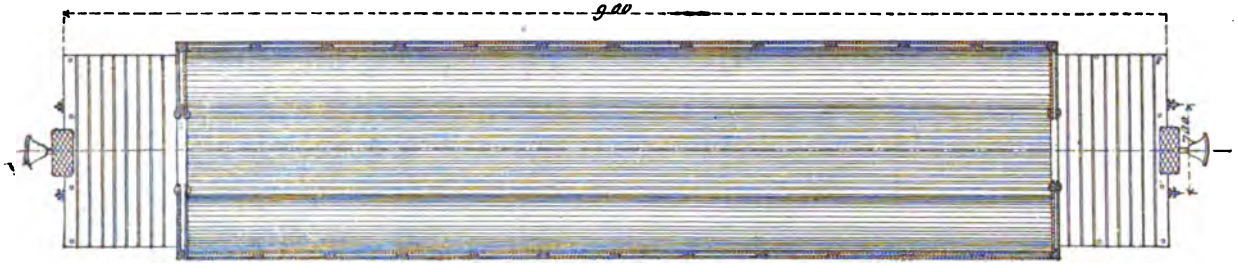


Fig. 134. — Plan.

NOMBRE DE PLACES

Intérieur.....	28
Plateformes	12
TOTAL.....	40

Les boiseries extérieures sont en teck. — Sièges et dossiers à lames en pitchpin. — 2 portes à coulisses. — Faux plancher à lames. — 2 lampes Shallis. 4 porte-signaux. — Communication centrale.

est une voiture fermée à communication centrale avec plateformes aux deux bouts, contenant 40 places, dont 28 à l'intérieur. La longueur totale hors tampons est de 9^{m} 60 ; l'écartement d'axe en axe des bogies est de 6 mètres. Le poids est de 3 700 kilogr. et le prix (catalogue Decauville) de 6 800 fr.

VOITURE D'ÉTÉ A DEUX BOGIES POUR VOIE DE 0^{m}60

(Echelle 1/75)

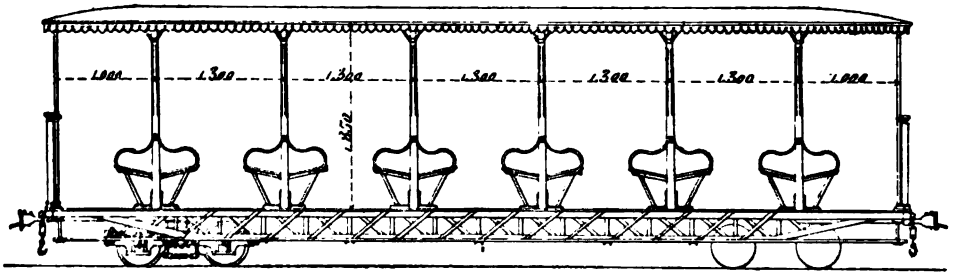


Fig. 135. — Elévation.

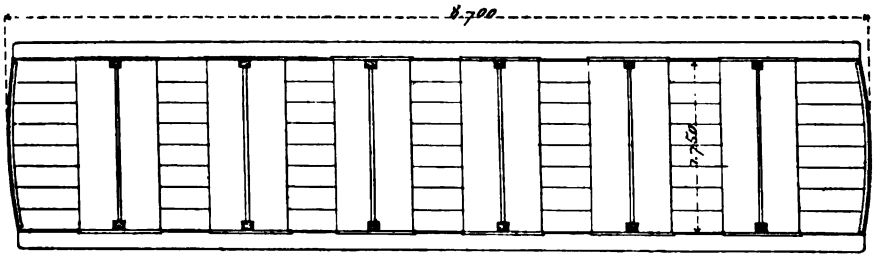


Fig. 136. — Plan.

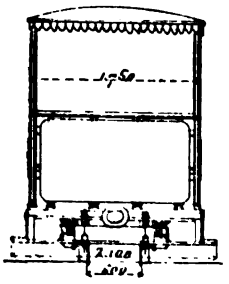


Fig. 137. — Vue par bout.

Le second (fig. 135 à 137) est une voiture d'été de 8^{m} 70 de longueur, semblable au modèle employé sur le chemin de fer de l'Exposition universelle de 1889. Elle contient 56 places, dont 48 assises et 8 debout à chaque extrémité. Les sièges et les dossiers sont en bois ; des rideaux de toile peuvent être installés des deux côtés de la voiture pour protéger les voyageurs contre le soleil. Le poids de cette voiture est de 3200 kilogr.; son prix (catalogue Decauville) est de 2950 fr.

Le premier de ces deux types de voitures est applicable sur des tramways faisant un service permanent. Quant au second, il n'est admissible que sur des lignes de plage, destinées à ne servir que l'été par le beau temps.

La Société Decauville construit aussi, pour la voie de 0^{m} 60, des voitures sur bogies à compartiments séparés; elles sont lourdes et nous paraissent incommodes et d'un type peu recommandable. Le matériel à compartiments séparés, dont la convenance est déjà douteuse avec la voie d'un mètre, nous

paraît tout à fait déplacé sur les lignes à voie de 0 m 60, en raison de la faible largeur des voitures.

Matériel rigide. — Le matériel rigide de la voie de 0 m 60 ne nous paraît pas non plus très recommandable, en raison de son manque de stabilité dans les deux sens, transversal et longitudinal. Nous représentons (fig. 138 et 139) une voiture mixte de 1re et 2e classes à compartiments séparés, portée sur deux essieux distants de 1 m 40. La longueur totale de la caisse étant de 3 m 80, il reste à chaque bout un porte-à-faux de 1 m 20, presque égal à l'écartement des essieux. Cette voiture contient 12 places, pèse 1 350 kilogr. et coûte 4 450 fr.

VOITURE MIXTE DE 1re ET 2e CLASSES POUR VOIE DE 0m60

(Echelle 1/50)

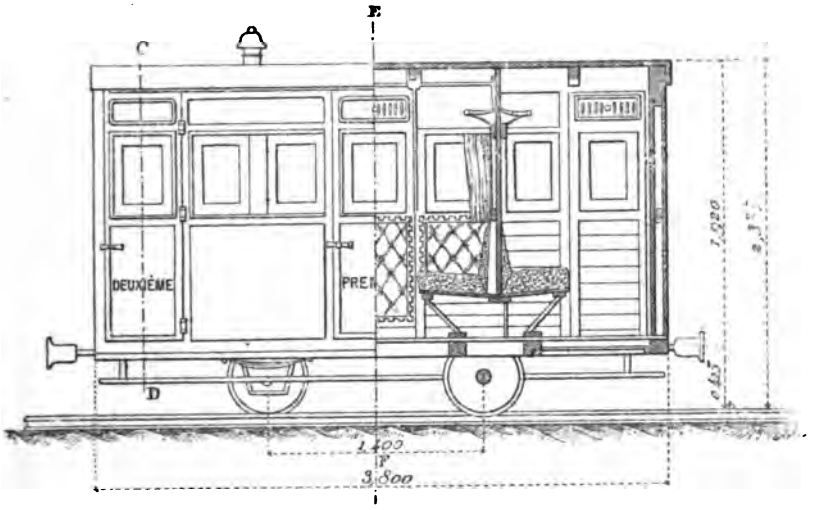


Fig. 138. — Elévation et coupe longitudinale.

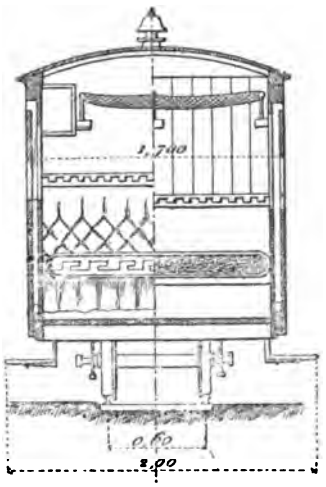


Fig. 139. — Coupes en travers suivant CD et EF.

On construit également, dans ce système à deux essieux, des voitures de tramways fermées, avec plateformes aux deux bouts, qui répondent d'une manière plus satisfaisante au programme des petites lignes. Celles de la ligne de Pithiviers à Toury ont 4 m 09 de longueur, non compris les tampons; l'écartement des essieux étant toujours de 1 m 40, il existe encore à chaque bout un porte-à-faux de 1 m 345. Le nombre de places est de 16, dont 10 à l'intérieur, le poids, de 1 500 k. environ et le prix, de 4 500 fr. pour la voiture de 1re classe.

Quant au fourgon à bagages, il est analogue à ceux de la voie d'un mètre; il a 4 m 10 de longueur totale, hors tampons; il comporte un coffre pour les chiens, pèse 1 400 kilogr. et coûte 2 330 fr.

Wagons a marchandises. — Les wagons à marchandises pour voie de 0m 60, portés sur deux essieux, ne se distinguent de ceux de la voie d'un mètre que par la réduction de leurs dimensions et, par suite, de leur capacité de chargement.

Leurs principales dimensions sont les suivantes :

Longueur	3m 50 à 4m.
Largeur	1m 50 à 1m 70.
Ecartement des essieux	1m 25.

Leur poids à vide varie de 900 à 1 500 kilogr. ; ils peuvent porter de 3 à 5 tonnes.

Pour pouvoir transporter un chargement un peu important avec la voie de 0m 60, il faut avoir recours au matériel articulé porté sur deux bogies ; nous en représentons un spécimen (fig. 140 et 141). C'est un wagon plat à hausses mobiles de 6 mètres de longueur ; il pèse 3 170 kilogr. et peut porter 10 tonnes. Son prix est de 2 690 fr.

Il existe également des wagons couverts d'un type analogue.

Enfin nous reproduisons, à titre de curiosité (fig. 142), le type de wagon que la Société Decauville a fait établir pour le transport des bestiaux, afin de répondre aux objections faites, à ce point de vue, à la voie de 0m 60.

Ce wagon est porté par deux bogies, entre lesquels le plancher de la caisse est abaissé; de manière à placer le centre de gravité du système aussi bas que possible et à faciliter l'embarquement des bestiaux. La longueur totale, hors tampons, est de 9m 80 ; la longueur intérieure, permettant le transport de 4 chevaux, est de 5m 95 ; le poids est de 4 700 kil. et le prix de 3 200 fr. (d'après le catalogue Decauville).

La complication de cet engin, son poids et son prix élevé démontrent péremptoirement, comme nous l'avons déjà fait remarquer, que les lignes à voie de 0m 60 ne sont pas aptes à assurer d'une manière économique le transport des bestiaux, transport qui se fait sans aucune difficulté sur les lignes à voie d'un mètre et sans qu'il soit besoin d'employer un matériel spécial.

WAGON PLAT A HAUSSES MOBILES POUR VOIE DE 0m60. (Echelle 1/50.)

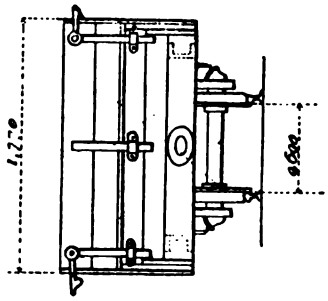


Fig. 141. — Vue par bout.

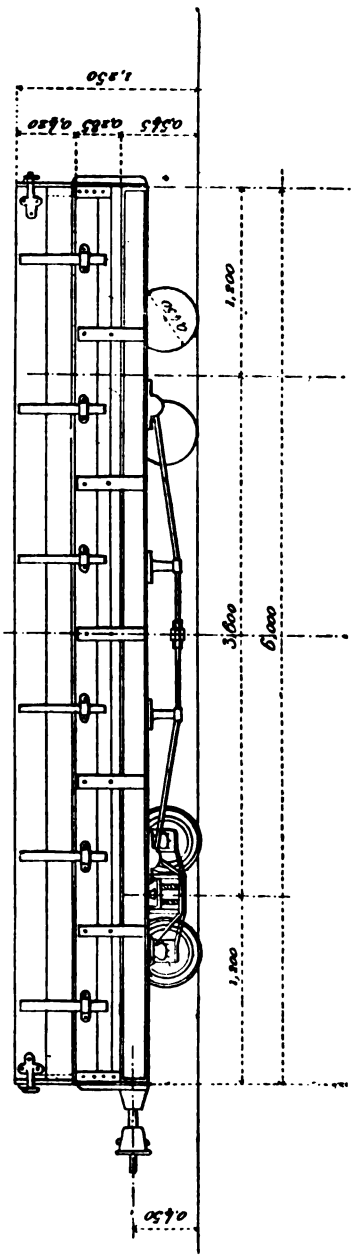


Fig. 140. — Elévation

Fig. 142. — Wagon à bestiaux pour voie de 0m60.

CHAPITRE II

TRACTION

§ 1er. — Lignes à voie d'un mètre. — Résistance des trains et charge des machines. — Résistance du train seul. Formules de Harding, des ingénieurs de l'Est, de M. Desdouits. — Résistance des machines et tenders; formule de M. Desdouits. — Résistance totale d'un train. — Effort de traction de la locomotive. Formule générale : $F = 0{,}65\frac{pd^2l}{D}$. — Adhérence. — Calcul des charges remorquées. Méthode pratique. Application des formules de la Compagnie P.-L.-M. — Types de locomotives. — Machines fortes. Machines à 3 essieux accouplés et train de Bissel. Machine Compound articulée, système Mallet. — Machines moyennes. — Machines faibles. Machines de tramways.

§ 2. — Lignes à voie de 0m 60. — Types de locomotives. — Machines de 7 à 10 tonnes à vide et de 8 à 13 tonnes en charge, portées par 3 ou 4 essieux. — Machines Compound articulées, système Mallet. — Machines du système Péchot-Bourdon.

§ Ier. — Lignes à voie de 1 mètre.

RÉSISTANCE DES TRAINS ET CHARGE DES MACHINES

Le problème de la traction des trains sur les lignes à voie étroite se pose dans les mêmes conditions théoriques que sur les lignes à voie normale; il s'agit de connaître, d'une part, la résistance que les trains opposent au roulement, d'autre part, l'effort de traction que peut fournir la locomotive.

Les expériences sur la résistance des trains sur les lignes à voie étroite ne sont pas encore, actuellement, assez complètes pour qu'on puisse indiquer des formules ayant quelque autorité et s'appliquant à la détermination de cette résistance. En alignement droit, on peut admettre les mêmes chiffres que sur les lignes à voie normale, si les surfaces de front des véhicules et si les rapports du diamètre des fusées au diamètre des roues sont à peu près les mêmes. En général, d'après M. Bricka, surtout si l'on tient compte de la réduction de la vitesse sur les lignes à voie étroite, les différences ne sont pas suffisantes pour que les mêmes formules ne puissent pas s'appliquer.

Rappelons donc ces formules.

Résistance du train seul. — *En palier et en alignement droit.* — La plus ancienne formule est celle de Harding, qui remonte à 1841 et qui a été déduite d'expériences dynamométriques faites en Angleterre ; elle s'écrit comme il suit :

$$R = 2,72 + 0,094\,V + \frac{0,00484\,SV^2}{P}.$$

Elle s'applique au train seul, non compris la machine et le tender.

R est en kilogrammes la résistance par tonne du train,

V, la vitesse en kilomètres à l'heure,

P, le poids du train,

S, sa section transversale.

Cette formule s'applique à toutes les vitesses ; mais les résultats qu'elle donne ne sont pas très exacts, en raison des transformations qu'a subies le matériel depuis 1841.

Des formules plus récentes, connues sous le nom de « formules des ingénieurs de l'Est », ont été établies en 1867 à la suite d'expériences dynamométriques. Elles sont les suivantes :

1° — Trains de Marchandises (Vitesses de 12 à 32 kilom.)

$$R = 1,65 + 0,05\,V \text{ (graissage à l'huile)}$$
$$R = 2,30 + 0,05\,V \text{ (graissage à la graisse)}$$

2° — Trains mixtes et de voyageurs.

Vitesses de 32 à 50 k..... $R = 1,80 + 0,08\,V + \frac{0,009\,SV^2}{P}$

— 50 à 65 k..... $R = 1,80 + 0,08\,V + \frac{0,006\,SV^2}{P}$

— 65 k. et au dessus.. $R = 1,80 + 0,14\,V + \frac{0,004\,SV^2}{P}$

Ces formules ont un vice capital, c'est leur défaut de continuité ; elles ne se raccordent pas aux points de passage. Ainsi la résistance d'un train de voyageurs marchant à 50 kilom. n'est pas la même, suivant qu'on la calcule par la 1re ou la 2e formule. C'est évidemment un inconvénient.

Enfin, M. Desdouits, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction au réseau de l'État, a fait récemment de nombreuses expériences, dont les résultats se traduisent pratiquement par les deux formules suivantes :

Jusqu'à 60 kilom. environ $R = 1,50 + 0,0007\,V^2$

Au delà de 60 kilom. — $R = 1,50 + 0,04\,V$.

Ces deux formules se raccordent exactement à la vitesse de 57 kilom. On voit qu'elles sont indépendantes du poids total du train. Il faut remarquer, en outre, qu'elles ne s'appliquent qu'au matériel ordinaire ; avec les grandes voitures à bogies, la résistance est moindre et la différence augmente avec la vitesse.

Résistance due aux déclivités. — Elle est de 1 kilogr. par tonne et par millimètre de rampe ou de pente ; elle s'ajoute dans le premier cas et se retranche dans le second.

Résistance due aux courbes. — D'après les expériences de M. Desdouits, elle peut s'exprimer par la formule très simple :

$$\frac{500l}{\rho}.$$

ρ étant le rayon de la courbe et l la largeur de la voie.

Résistance des machines et tenders. — En palier et en alignement droit, il résulte des expériences faites par M. Desdouits sur les machines du réseau de l'État, qui sont, comme forme et comme poids, dans des conditions moyennes, que la résistance des machines et tenders des trains de voyageurs peut s'exprimer par la formule :

$$R = 1^k + 0{,}17\,V,$$

R étant la résistance en kilogrammes par tonne du poids total (machine et tender).

Pour les machines à marchandises, en raison de la petitesse des roues, la résistance augmente et devient :

$$R = 3^k + 0{,}17\,V.$$

Les machines des lignes à voie étroite ayant toujours des roues d'un faible diamètre, c'est cette dernière formule qui leur convient le mieux.

La résistance due aux déclivités et aux courbes s'évalue comme pour le train.

Résistance totale d'un train. — Il résulte de ce qui précède que la résistance totale d'un train, sur une ligne à voie étroite, pourra s'évaluer comme il suit d'après les formules de M. Desdouits, en faisant la somme des résistances dues aux wagons et à la machine et en y ajoutant celles qui résultent des déclivités et des courbes :

$$R = P(1{,}50 + 0{,}0007V^2) + P'(3 + 0{,}17V) + (P + P')\left[\pm i + \frac{500l}{\rho}\right].$$

R est la résistance exprimée en kilogrammes,
P, le poids des wagons,
P', celui de la machine et du tender,
V, la vitesse en kilomètres à l'heure,
i, la déclivité en millimètres,
ρ, le rayon des courbes,
l, la largeur de la voie.

Il y a lieu de remarquer que cette formule n'est applicable que jusqu'à une vitesse de 60 kilomètres, qui n'est d'ailleurs jamais atteinte sur les lignes à voie étroite.

On remarquera également que les formules nouvellement établies par M. Desdouits, pour représenter la résistance des trains et des machines, donnent des résultats notablement moins élevés que les anciennes formules. Cela tient, ainsi que nous l'avons fait remarquer dans notre *Traité des chemins de fer* (t. II, p. 342), d'une part, à l'amélioration des conditions du roulement, par suite de l'emploi de meilleurs procédés de graissage, et, d'autre part, à l'augmentation du poids du matériel, qui réduit la résistance par tonne.

Effort de traction de la locomotive. — La relation qui existe, dans toute machine locomotive, entre l'effort de traction, les dimensions principales du mécanisme et la pression de la vapeur dans les cylindres, est indépendante de la largeur de la voie; elle s'écrit, pour les lignes à voie étroite, comme pour les lignes à voie normale, sous la forme suivante :

$$F = \frac{p_1 d^2 l}{D}.$$

F est l'effort de traction,
p_1, la pression moyenne de la vapeur dans les cylindres pendant un coup de piston,
d, le diamètre des cylindres,
l, la course des pistons,
D, le diamètre des roues motrices.

Par suite des pertes de pression qui se produisent toujours dans le trajet de la vapeur entre la chaudière et les cylindres, par suite aussi du mode de fonctionnement de la locomotive, qui est une machine à *détente*, on admet

généralement que p_1 est au plus égal aux 65 centièmes environ de p, pression de la vapeur dans la chaudière et on écrit :

$$F = 0{,}65 \frac{pd^2l}{D},$$

p étant la pression marquée par le timbre de la chaudière.

Cette valeur de F est le maximum de l'effort de traction qu'on puisse *pratiquement* demander à la locomotive.

Il est essentiel de ne pas confondre l'effort de traction maximum, donné par la formule qui précède, avec l'effort normal qu'il convient de demander à la locomotive. Cet effort maximum exige pour se produire deux conditions :

Il faut, en premier lieu, que la détente soit modérée, de manière qu'on puisse considérer le coefficient de 0,65 comme exact. Or, pour que la machine ait un rendement économique, elle doit, comme toutes les machines à haute pression, fonctionner avec une assez grande détente, et l'expérience a montré que la meilleure utilisation de la vapeur correspond à une admission de 0,20 à 0,30 seulement. L'effort de traction dans ce cas est notablement inférieur à celui que donne la formule précédente ; il n'est guère que la moitié de ce dernier.

En second lieu, cet effort maximum ne peut se produire qu'à une vitesse déterminée, qui est le minimum au dessous duquel la marche des trains ne doit pas descendre, si l'on veut que la machine utilise toute sa puissance de travail. Quand la vitesse augmente, l'effort de traction doit nécessairement diminuer et dans une forte proportion.

Le minimum de vitesse de la machine correspondant au maximum de l'effort de traction est d'ailleurs donné par la formule suivante :

$$V = \frac{FD}{0{,}65pd^2l}.$$

Adhérence. — Rappelons enfin que, quelle que soit la puissance de vaporisation de la chaudière et, par suite, la puissance de traction de la machine, il y a un élément important qui limite son travail ; c'est l'*adhérence*, c'est-à-dire le coefficient de frottement du fer sur le fer.

Si l'on désigne par f ce coefficient et par ϖ la partie du poids de la locomotive qui porte sur les roues motrices, ou le poids adhérent, la limite absolue de l'effort de traction est égale à ϖf.

Le coefficient f varie suivant l'état de l'atmosphère : par les temps très secs, il a sa plus grande valeur, 0,25 ou 1/4 ; par les temps de légère humi-

dité, de brouillard et dans les souterrains, il descend à 1/9 ou 1/10, soit 0,10 à 0,11 ; enfin, dans les conditions ordinaires, il est de 1/6 à 1/7, soit 0,14 à 0,17.

On admet habituellement le coefficient 0,14 ou 1/7.

Calcul des charges remorquées. — Au moyen des éléments qui précèdent, on peut calculer les charges que peuvent remorquer les machines à une vitesse déterminée et sur une ligne dont les rampes et les courbes sont connues.

Plusieurs procédés peuvent être employés pour cela ; en voici un qui est fort simple.

On calcule la puissance de la locomotive en chevaux-vapeur et on en déduit l'effort de traction qu'elle peut développer à une vitesse donnée. Dès lors, connaissant au moyen des formules indiquées plus haut la résistance du train et de la machine, on peut calculer la charge remorquée.

La puissance en chevaux-vapeur peut être obtenue approximativement par la formule de la Compagnie du Midi,

$$T_{(ch)} = 10 \times S_{(mq)},$$

dans laquelle S désigne la surface de chauffe réduite, calculée par la formule :

$$S = S' + \frac{S''}{3},$$

S′ étant la surface de chauffe du foyer,

S″, celle des tubes.

Nous avons fait remarquer, dans notre *Traité des chemins de fer* (tome II, p. 365), que ce mode de calcul n'est pas exact, mais qu'il peut suffire pour les besoins de la pratique.

Appliquons-le, par exemple, à la locomotive du réseau Sud d'Indre-et-Loire (Compagnie des chemins de fer départementaux), dont il sera question plus loin.

Cette machine a une surface de chauffe totale de 39^{m^2} savoir :

Foyer.....	3^{m^2} 70
Tubes.....	35^{m^2} 30

La surface réduite est donc

$$3{,}7 + \frac{35{,}30}{3} = 15^{m^2}47,$$

et la puissance en chevaux-vapeur, de 150 chevaux environ.

Le poids de la machine en service est de 21 tonnes, et l'adhérence moyenne, calculée au 1/7, de 2 857 kilogr.

Supposons qu'il s'agisse d'une ligne à rampes de 30^{mm} et proposons-nous d'y faire circuler un train à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure ; voyons quelle sera la charge remorquée.

La puissance de la machine correspond à un travail de

$$150 \times 75 = 11\,250 \text{ kilogrammètres,}$$

et la vitesse indiquée, à $5^{m}\,55$ par seconde ; l'effort de traction qu'elle peut produire à cette vitesse est donc égal à $\frac{11\,250}{5,55}$, soit 2 027 kilogrammes.

La résistance de la machine est, d'après la formule de M. Desdouits,

$$3^{k} + 0,17 \times 20 = 6^{k}\,4$$

par tonne en palier.

Sur une rampe de 30^{mm}, la résistance sera de 36 kilogr. 4 par tonne, soit 765 kilogr. pour la machine.

L'effort de traction disponible est donc de 1 262 kilogr.

La résistance du train, donnée par la formule de M. Desdouits, est de

$$1^{k}\,50 + 0,0007 \times \overline{20}^{2} = 1^{k}\,78$$

par tonne en palier.

Sur une rampe de 30^{mm}, elle sera de 31 kilogr. 78 par tonne, et par suite le poids utile remorqué sera

$$\frac{1262}{31,78} = 39,7,$$

soit 40 tonnes en nombre rond.

Le mode de calcul que nous venons d'indiquer, nous le répétons, n'est qu'approximatif; il a l'avantage d'être fort simple et suffit aux besoins de la pratique.

On peut opérer autrement. Voici, par exemple, de quelle manière la commission des chemins de fer de la Corse, chargée de déterminer le type des locomotives à adopter sur le réseau à voie de 1 mètre à construire dans ce pays, a procédé au calcul des charges que ces machines pourraient remorquer, à différentes vitesses, sur des profils donnés ; elle s'est servie pour cela des formules employées depuis 1863 par le service de la traction de la

Compagnie P.-L.-M. Nous résumons ci-dessous le calcul qu'elle a présenté, d'après M. Marié, ingénieur en chef de la traction de cette Compagnie[1] :

Appelons F, l'effort de traction de la machine mesuré tangentiellement aux roues motrices ;

R, la résistance propre de son mécanisme ;

P, le poids de la machine ;

Q, la charge remorquée, non compris le poids de la machine ;

i, la déclivité en millimètres par mètre, ou la résistance due à la gravité ;

s, la résistance due aux courbes, en kilogrammes par tonne de train, machine et tender compris ;

r, la résistance à la traction, sur niveau et en ligne droite, en kilogrammes par tonne de train, machine et tender compris.

En retranchant de F la résistance R du mécanisme de la machine, on obtient l'effort disponible pour remorquer le poids Q + P du train et de la machine.

La résistance opposée par le poids Q + P est

$$(Q + P)(i + s + r);$$

on a donc

$$F - R = (Q + P)(i + s + r);$$

d'où

$$Q = \frac{F - R}{i + s + r} - P. \qquad (1)$$

Cette formule est mathématiquement exacte. Si donc on pouvait connaître avec certitude la valeur des divers éléments qui la composent, elle permettrait de déterminer exactement la charge remorquée.

Mais ces différents éléments ne peuvent être obtenus que d'une manière approximative, sauf la résistance due aux déclivités, qui s'évalue toujours de la même manière, 1 kilogr. par chaque millimètre de pente ou de rampe.

Voici les formules admises par M. Marié.

Résistance du mécanisme, R. — La résistance du mécanisme peut être considérée comme proportionnelle au poids adhérent. A la Compagnie P.-L.-M., l'expérience a conduit à l'emploi de la formule

$$R = 0{,}015\, P',$$

P' étant le poids adhérent.

1. *Annales des Ponts et Chaussées*, 1er semestre 1884.

Résistance due à la déclivité, i. — Cette résistance est égale à

i kilogr. par tonne du poids total $(Q + P)$.

Résistance due aux courbes, s. — Elle dépend du rayon ρ de la courbe et de la longueur du train ou du nombre n des véhicules.

A la Compagnie P.-L.-M., on admet la formule suivante, qui est vérifiée par l'expérience et donne assez exactement la valeur de s en fonction de ρ et de n :

$$s = \frac{1\,125 + 25n}{2\rho}$$

Dans cette formule, s est exprimé en kilogrammes par tonne du poids total $(Q + P)$.

On réunit habituellement la valeur de s à celle de i, pour donner par un seul nombre la résistance due, en chaque point, à la déclivité et à la courbe.

Résistance due à la vitesse, r. — La formule empirique suivante représente assez exactement, d'après M. Marié, les résistances dues à l'air, aux frottement des fusées sur les coussinets, au roulement des bandages sur les rails, aux chocs, etc., en fonction de la vitesse v, exprimée en kilomètres à l'heure :

$$r = 1{,}5 + 0{,}1 \times v.$$

Dans cette formule, r est exprimé en kilogrammes par tonne du poids total.

R, i, s et r étant calculés par les formules précédentes, Q pourra être déterminé par la formule (1) lorsque l'on connaîtra l'effort de traction F, variable à chaque instant avec la vitesse.

Voici comment M. Marié calcule l'effort de traction, d'après la quantité d'eau vaporisée.

Vaporisation d'eau par heure. — On admet à la Compagnie P.-L.-M. que la vaporisation d'eau par heure, V, dépend de la surface de grille et de la surface de chauffe, et qu'elle peut être exprimée en kilogrammes par la formule

$$V = 368\sqrt{cg},$$

dans laquelle

c représente la surface de chauffe totale en mètres carrés,

g la surface de grille, en mètres carrés.

Vitesse de marche à pleine admission. — Si l'on désigne par u la vitesse de la machine en kilomètres à l'heure, en supposant que, par une distribution spéciale, on ait pleine admission pendant toute la course du piston, le nombre des tours de roues par heure, à la vitesse u, sera

$$\frac{\overline{10}^3 \times u}{\pi D},$$

en appelant D le diamètre des roues motrices (en mètres).

Si, d'autre part, on appelle

d le diamètre des cylindres,

l la course des pistons,

λ l'espace nuisible à chaque bout des cylindres, exprimé en longueur de course,

δ le poids du mètre cube de vapeur, à la pression qu'elle a dans les cylindres ; le poids de vapeur dépensé par heure est égal à

$$\frac{\overline{10}^3 \times u}{\pi D} \times 4\pi \frac{d^2}{4}(l+\lambda)\delta,$$

ou, en faisant les réductions,

$$\frac{\overline{10}^3\, u d^2 (l+\lambda)\delta}{D}.$$

Cette expression représente également le poids d'eau vaporisée à l'heure, V, puisque la machine est supposée marchant à pleine admission ; on a donc

$$V = \frac{\overline{10}^3\, u d^2 (l+\lambda)\delta}{D},$$

d'où l'on tire

$$u = \frac{VD}{\overline{10}^3\, d^2 (l+\lambda)\delta}.$$

Effort de traction à une vitesse donnée. — Soit v la vitesse réelle de marche de la machine, en kilomètres à l'heure, pour une admission réduite. Le travail de l'effort de traction, mesuré tangentiellement à la circonférence des roues motrices, est égal au travail moteur du piston dû à l'action de la vapeur, diminué du travail résistant dû à la pression atmosphérique derrière le piston.

Or, pendant un tour de roues motrices, on a :

1° Travail moteur de l'effort tangentiel

$$F \pi D,$$

2° Travail moteur du piston pour une admission de vapeur égale à x

$$4\frac{\pi d^2}{4}\times\overline{10}^4 px\left(1+2{,}303 log\frac{l}{x}\right)^1,$$

p désignant la pression absolue de la vapeur dans la chaudière, c'est-à-dire la pression effective indiquée par le timbre, augmentée de la pression atmosphérique, exprimée en kilogrammes par centimètre carré.

3° Travail résistant dû à la pression atmosphérique p'

$$4\frac{\pi d^2}{4}\times\overline{10}^4 p'l.$$

On a donc

$$FD=\overline{10}^4 pd^2x\left(1+2{,}303 log\frac{l}{x}-\frac{p'l}{px}\right),$$

d'où l'on tire

$$F=\frac{\overline{10}^4 pd^2x}{D}\left(1+2{,}303 log\frac{l}{x}-\frac{p'l}{px}\right).$$

Or, la quantité de vapeur admise dans les cylindres pendant un tour de roue est inversement proportionnelle au nombre de tours par heure ou aux vitesses u et v; on a donc :

$$\frac{x}{l}=\frac{u}{v},$$

d'où

$$x=\frac{u}{v}\times l.$$

D'ailleurs, pour tenir compte des pertes diverses, condensations, compressions, etc., on doit multiplier F par un coefficient de réduction; à la Compagnie P.-L.-M., on admet que ce coefficient est égal à 0,70, de sorte que l'expression de F devient, en remplaçant x par sa valeur :

$$F=0{,}70\times\frac{\overline{10}^4 pd^2l}{D}\left[\frac{u}{v}\left(1+2{,}303 log\frac{u}{v}\right)-\frac{p'}{p}\right].$$

Dans cette expression, tous les facteurs sont connus; on peut donc déterminer numériquement F en chaque point du parcours de la machine, pour une vitesse donnée v.

1. Le premier terme représente le travail de l'admission directe, le second celui de la détente. Le coefficient $\overline{10}^4$ est introduit pour tenir compte des unités au moyen desquelles sont exprimées les diverses quantités.

Dès lors, la formule (1) permet de déterminer la charge Q que la machine peut remorquer d'après le travail de la vapeur et eu égard aux dimensions de son mécanisme.

Limite de charge résultant de l'adhérence. — On doit, bien entendu, tenir compte de la limite imposée par l'adhérence et n'admettre pour les charges pratiques que des valeurs inférieures ou au plus égales à cette limite.

Si l'on désigne par P' le poids adhérent et par f le coefficient d'adhérence, on a évidemment :

$$(\text{Lim. } Q + P)\ (i + s + r) = fP',$$

d'où l'on tire, pour la limite de Q imposée par l'adhérence :

$$\text{Lim. } Q = \frac{i + s + r}{fP'} - P. \qquad (2)$$

En résumé, les valeurs de Q seront données, en général, par la formule (1) et lorsque ces valeurs seront supérieures à celles de (Lim. Q) résultant de la formule (2), il faudra prendre ces dernières pour la charge à remorquer.

Remarque. — Les résultats donnés par ces formules ne sont qu'approximatifs. M. Ledoux, ingénieur en chef des mines, a proposé pour le calcul des charges des formules différentes, plus exactes, mais un peu plus compliquées, dont le détail se trouve inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* (1er semestre 1884). Les charges trouvées par les deux méthodes, en ce qui concerne les machines corses, sont presque identiques.

TYPES DE LOCOMOTIVES

Le choix d'un type de locomotive dépend nécessairement du profil et du tracé de la ligne, du mode d'exploitation adopté et du trafic à desservir.

En ce qui concerne les voies étroites, MM. Sartiaux et Banderali classent les machines en trois catégories, suivant la nature des trains qu'elles ont à remorquer : les machines *fortes*, pesant de 18 à 24 tonnes à vide, capables de faire le service des trains mixtes et de remorquer des poids de 75 à 100 tonnes sur des rampes ne dépassant pas 25mm; les machines *moyennes*, du poids de 12 à 18 tonnes, destinées à des trains plus légers; les machines *faibles*, pesant de 8 à 12 tonnes, pour le service des tramways ou des trains tramways.

MACHINES FORTES. — Nous citerons, comme type de machine rentrant dans la première catégorie, celle qui a été adoptée par la commission des chemins de fer de la Corse.

Machine corse. — Ce type de machine a été étudié de manière à répondre à tous les besoins du trafic sur un réseau relativement important, c'est-à-dire à pouvoir atteindre la vitesse de 40 kilomètres à l'heure sur des profils favorables et avec des charges faibles et, sur des déclivités de 25^{mm} et même exceptionnellement 30^{mm}, remorquer encore des charges suffisantes à une vitesse réduite. En outre, tout en présentant la puissance et l'adhérence nécessaires, la machine a assez de souplesse pour passer facilement dans des courbes de 100 mètres de rayon en pleine voie. Elle peut d'ailleurs passer dans des courbes beaucoup plus raides, mais à une vitesse réduite.

Cette machine, représentée par les figures 143 à 146, est une machine-tender à trois essieux accouplés, avec train de Bissel à l'arrière.

La charge sur les roues accouplées est de 8 tonnes par essieu en ordre de marche; la surface de chauffe totale est de 58 mètres carrés; le timbre de la chaudière est de 10 kilogr.

Les roues accouplées ont un diamètre de 1^{m} au roulement, ce qui permet de faire prendre à la locomotive, sans fatigue pour son mécanisme et sans exagération dans la consommation de vapeur, une vitesse assez grande, lorsque les nécessités du service l'exigent. L'empattement rigide est de $2^{m}17$; l'empattement total, de $4^{m}17$.

Les approvisionnements d'eau sont de 4000 litres. La charge du Bissel, sur lequel porte une partie du poids du foyer, est de 4500 kilogr. en ordre de marche. Le poids total de la machine vide est de $21^{t}700$: pleine et munie de tous ses approvisionnements, elle pèse $28^{t}500$. Son poids adhérent varie de 20 à 24 tonnes.

Bissel. — Le Bissel se compose, comme on le sait, d'un train articulé à un seul essieu, dont le châssis est en forme de triangle rigide.

Le sommet de ce triangle est l'axe d'une cheville ouvrière *i* (fig. 145), autour de laquelle le Bissel peut osciller avec une faible amplitude. L'arrière de la machine repose sur le châssis du Bissel par une double traverse *t* (fig. 144 et 146), placée à l'aplomb de l'essieu. Cette traverse est munie d'un pivot *o*, qui lui est fixé, et autour duquel peut tourner un balancier horizontal *b*, indépendant, terminé par des palettes *p*, à plans inclinés; ces palettes sont engagées entre les plaques d'appui de la traverse *t* du châssis de la machine et les plans inclinés de la traverse *t't'* du châssis du Bissel. Cette disposition a le même objet que les plans inclinés que l'on place au dessus des boîtes des essieux pour leur permettre un déplacement longitudinal; seulement,

LOCOMOTIVE-TENDER A 3 ESSIEUX ACCOUPLÉS ET ARRIÈRE-TRAIN MOBILE SYSTÈME BISSEL

(Échelle de 0m025 par mètre.)

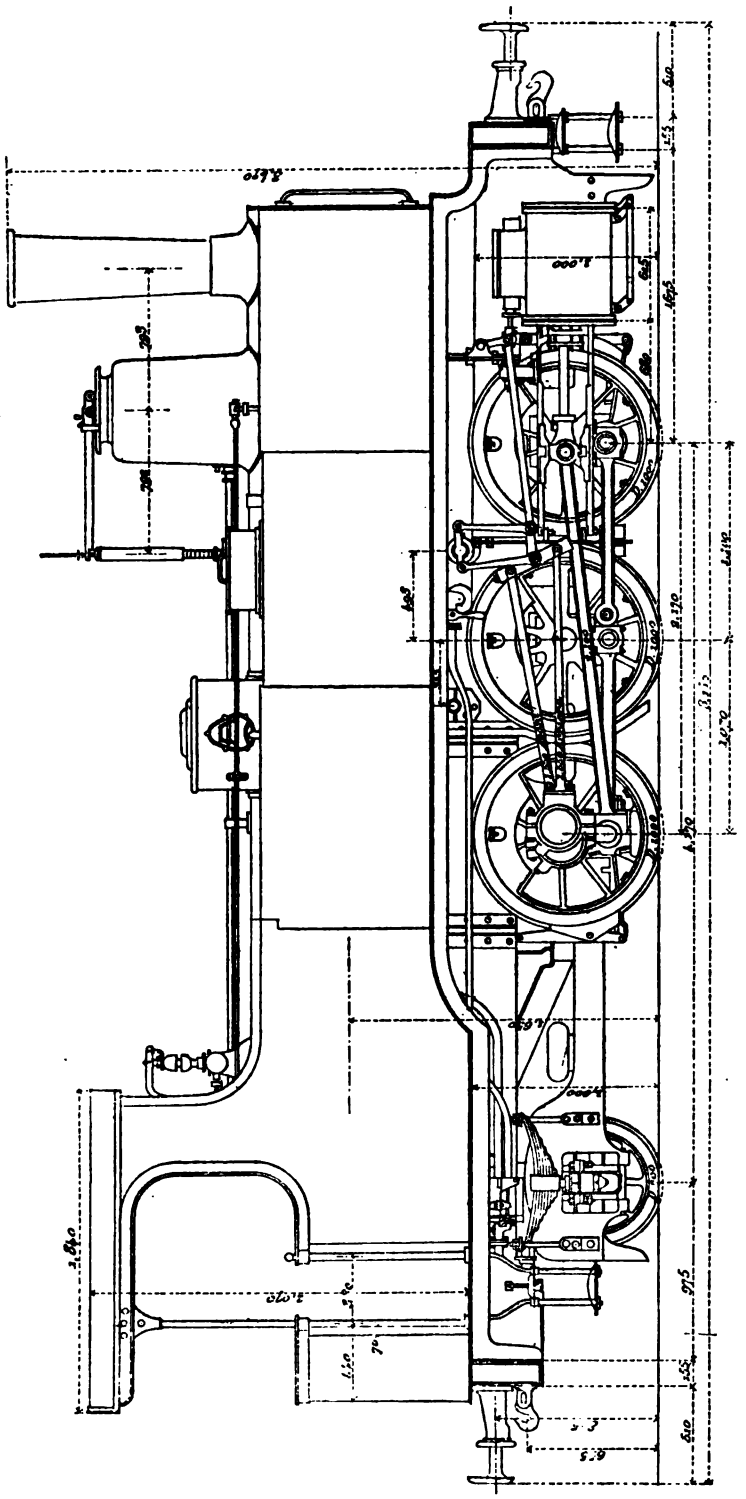


Fig. 143. — Élévation longitudinale.

LOCOMOTIVE-TENDER A 3 ESSIEUX ACCOUPLÉS ET ARRIÈRE-TRAIN MOBILE SYSTÈME BISSEL

(Échelle de 0m 025 par mètre.)

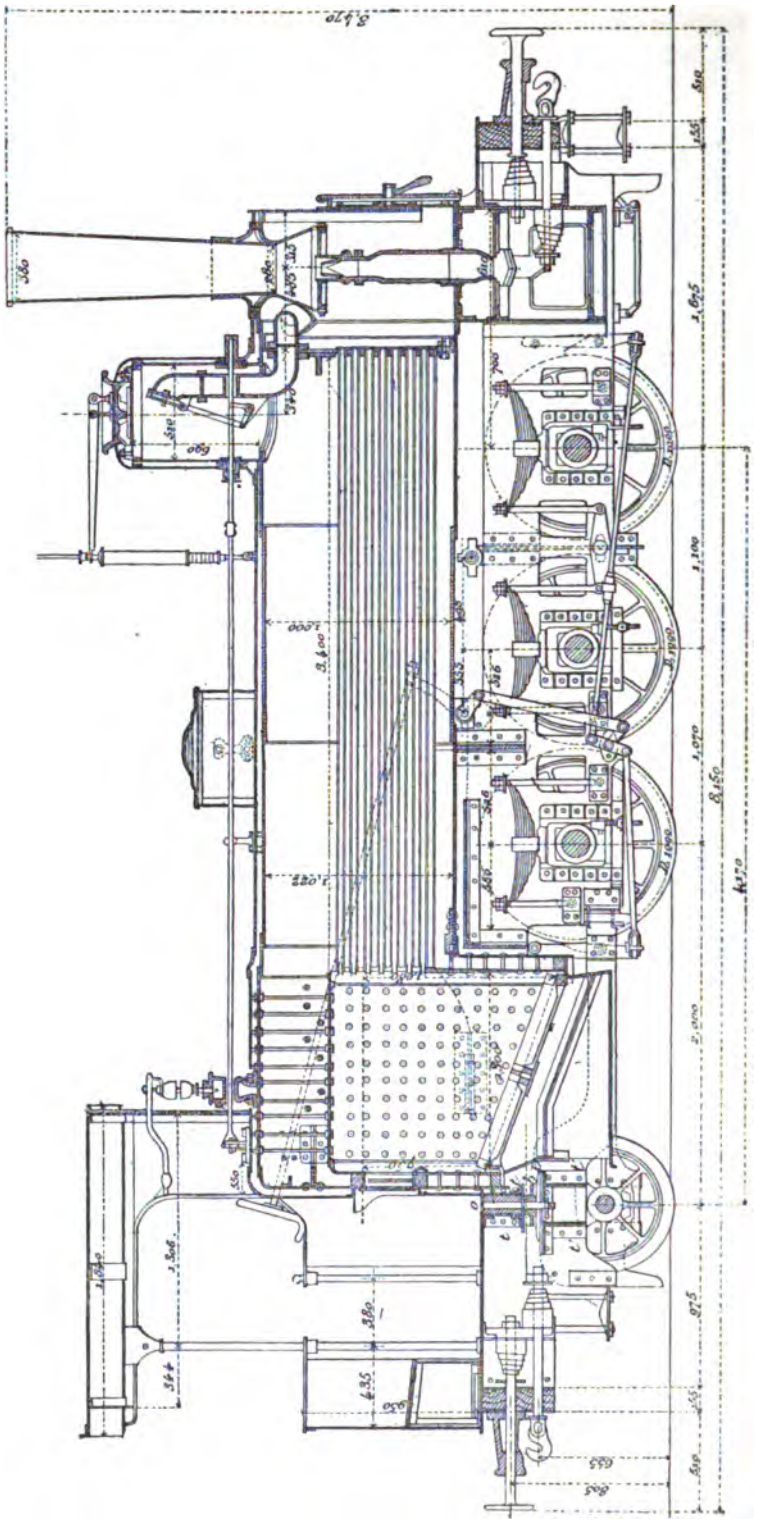


Fig. 144. — Coupe longitudinale.

LOCOMOTIVE-TENDER A 3 ESSIEUX ACCOUPLÉS ET ARRIÈRE-TRAIN MOBILE SYSTÈME BISSEL

(Échelle de 0m 025 par mètre.)

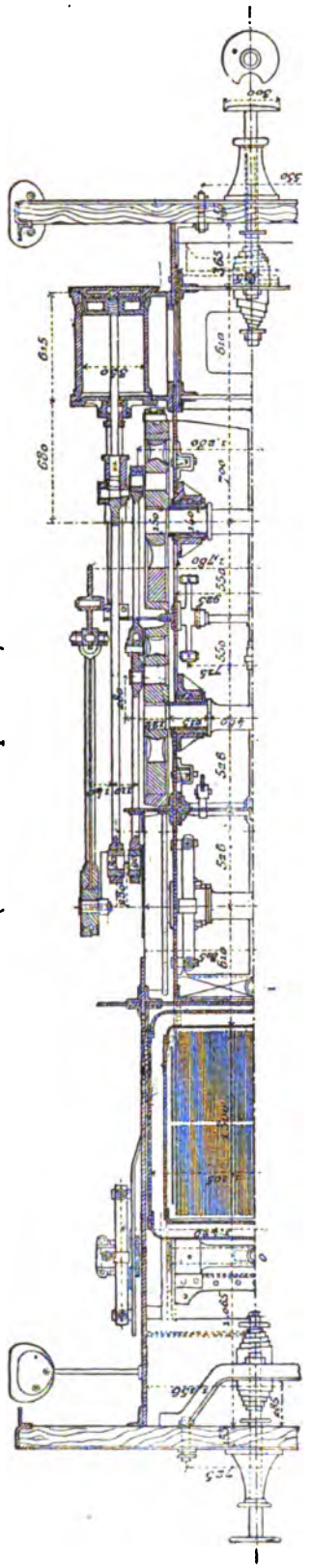


Fig. 145. — Demi-plan.

dans le cas actuel, les plans inclinés doivent suivre le mouvement de rotation du Bissel; grâce au pivot *o*, ils ne prennent toutefois que des glissements parallèles à l'essieu.

Attelage et tamponnement. — La machine est à traction continue et à tamponnement central. L'axe du tamponnement est à 0m 805 du rail, l'axe de traction à 0m 655; la distance de 0m 15 qui existe entre ces deux axes, jointe à un évidement pratiqué à la partie inférieure du tampon, permet d'accrocher et de serrer facilement les attelages.

Frein. — La machine est munie du frein à contre-vapeur et d'un frein à vis à sabots conjugués, agissant sur les roues d'avant et d'arrière. La manœuvre

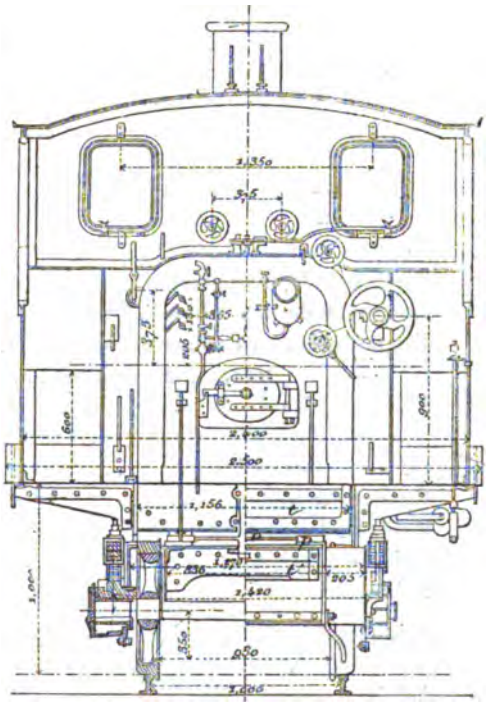


Fig. 146. — Coupes à l'arrière.

du frein à vis peut, d'ailleurs, se combiner avec l'action d'un frein continu, à vide ou à air comprimé.

Jeu des boîtes. Articulation des bielles accouplées. — L'empattement rigide de la machine étant très faible (2^m 17), l'inscription dans les courbes n'exige que très peu de jeu dans les boîtes. Ce jeu est établi d'après la formule suivante, dans laquelle j représente le jeu total, ρ le rayon de la courbe et d la distance de la ligne moyenne des essieux fixes à l'essieu d'avant :

$$j = \frac{d^2}{2\rho}.$$

En prenant $d = 1^m 635$ et $5 = 100^m$, on en tire

$$j = 0^m 014 \text{ environ.}$$

Il suffit donc de laisser 7 à 8^{mm} de jeu de chaque côté, à la boîte de l'essieu d'avant, pour assurer la flexibilité de la machine. De plus, pour éviter toute fatigue des accouplements, les bielles d'avant portent une articulation sphérique.

Conditions d'établissement. — Les principales conditions d'établissement de la machine sont résumées ci-dessous :

Surface de grille	1^{m2} 076
Nombre des tubes	123
Longueur des tubes	3^m 40
Surface de chauffe du foyer	4^{m2} 52
— des tubes	53^{m2} 83
— totale	58^{m2} 35
Hauteur de l'axe de la chaudière au dessus du rail	1^m 650
Timbre de la chaudière	10 k.
Longueur de la machine à l'extrémité des tampons	8^m 15
Empattement des roues accouplées	2^m 17
— total de la machine	4^m 17
Diamètre des roues accouplées (D)	1^m 00
— — du Bissel	0^m 70
— des cylindres (d)	0^m 35
Course des pistons (l)	0^m 46
Poids de la machine vide	21700^k
Poids en service	28500^k
Poids adhérent minimum	20000^k
Effort de traction maximum $\left(0{,}65 \times \frac{pd^2l}{D}\right)$	3662^k
Adhérence $\left(\text{calculée au } \frac{1}{7}\right)$	2857^k

Charges remorquées. — Le tableau ci-dessous résume les charges utiles que la machine peut remorquer dans différentes conditions de rampes et de vitesses.

Ces charges sont celles que donnent les formules de la Compagnie P.-L.-M., que nous avons citées plus haut. Les calculs sont faits en admettant pour l'adhérence le coefficient 0,14, soit 1/7. Les trois premières colonnes du tableau indiquent les charges limites données par l'adhérence, qui sont inférieures aux charges correspondant au travail de la vapeur; les cinq dernières indiquent les charges qui correspondent au travail de la vapeur.

RAMPES CONTINUES EN MILLIMÈTRES y compris la résistance due aux courbes.	VITESSE EN KILOMÈTRES A L'HEURE							
	10	15	20	25	30	35	40	45
Millimètres.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
0,00	904	819	748	608	483	382	306	248
2,50	480	453	430	363	297	243	200	165
5,00	321	308	296	254	210	174	145	121
7,50	237	230	223	192	160	133	111	93
10,00	186	181	176	153	127	106	88	73
15,00	126	124	121	105	87	72	59	49
20,00	92	91	89	77	63	51	42	34
25,00	71	69	68	58	47	38	30	23
30,00	55	55	54	45	36	28	22	16
35,00	44	44	43	36	28	21	15	11

La machine que nous venons de décrire répond bien aux conditions moyennes d'exploitation d'un réseau important de lignes à voie étroite. C'est le cas des réseaux de la Corse (Compagnie des chemins de fer départementaux), de l'Allier, de la Somme (Société des chemins de fer économiques), du Var, de l'Isère, etc. Une machine presque semblable a été construite par la Société alsacienne de constructions mécaniques, dont les ateliers sont à Belfort, pour un chemin de fer à voie d'un mètre d'Algérie (ancienne Société Debrousse), et a donné de très bons résultats.

Le type de locomotive employé sur la ligne de Beaune à Arnay-le-Duc est analogue au précédent et peut être également rangé dans la catégorie des machines fortes; nous le décrivons ci-dessous en quelques mots.

Locomotive de la Côte-d'Or. — C'est une machine-tender pesant 20 tonnes à vide et 24 tonnes 500 en ordre de marche; elle a été étudiée avec le concours de M. Banderali.

Elle est portée sur quatre essieux, dont trois couplés à l'avant et un porteur à l'arrière, avec train de Bissel. L'empattement des essieux couplés est de 1^{m} 80; la distance entre le dernier essieu couplé et l'essieu porteur est de

1^m 75. Dans ces conditions, au passage dans une courbe de 40 mètres de rayon, le déplacement transversal de l'essieu doit être au maximum de 0^m 01. Le jeu des boîtes à graisse, joint à celui que procure la conicité des bandages, est supérieur à ce chiffre.

Le poids supporté par le Bissel est de 4500 kilogr. et le poids adhérent de la machine en charge, à peu près également réparti sur les trois essieux couplés, est de 20000 kilogr. A vide, la diminution du poids se fait sentir presque uniquement sur ces trois essieux et le poids adhérent devient égal à 15000 kilogr.

L'effort maximum de la machine est donné par la formule :

$$F = \frac{0{,}65 \times pd^2 l}{D} = 3793^k.$$

L'adhérence, calculée au 1/7, sera toujours au moins égale à :

$$\frac{1}{7} \times 16000 = 2285^k.$$

Or, la résistance maxima d'une tonne de train comprend :

1° La résistance en palier, soit 4 kilogr. ;

2° La résistance due à la courbe de 40 mètres, soit 9 kilogr., ainsi que nous l'avons vu précédemment;

3° La résistance due à la rampe de 40^{mm}, maximum admis sur la ligne, soit 40 kilogr. ;

Au total, 53 kilogr.

La charge remorquée sera donc, dans les conditions les plus défavorables :

$$\frac{2285}{53} = 43 \text{ tonnes.}$$

En pratique, les circonstances les plus défavorables ne se trouvent jamais toutes réunies et la charge remorquée varie de 55 à 65 tonnes, suivant l'état du rail.

La chaudière est timbrée à 12 kilogr. ; la machine est munie de la contre-vapeur et d'un frein à vide Soulerin manœuvré par un éjecteur.

L'expérience a montré que la consommation moyenne de ces machines est de 7 kilogr. de charbon par kilomètre ; c'est un chiffre assez élevé, qui augmente les frais d'exploitation et qu'il serait désirable de réduire. On

pense arriver à ce résultat en faisant travailler la vapeur à la détente et en utilisant tout le poids adhérent. Pour cela, il faudrait employer une machine Compound à 4 cylindres, portée sur deux bogies, système Mallet; dans cette disposition, les deux cylindres d'admission de la vapeur actionnent les deux essieux de l'un des trucks, les deux cylindres de détente actionnent le second truck, ce qui permet une utilisation plus complète de la vapeur et aussi du poids adhérent de la machine.

C'est dans ce système que sont établies les machines de la ligne de Montereaux-Yssingeaux (Compagnie des chemins de fer départementaux), qui appartiennent également à la catégorie des machines fortes et dont nous donnons ci-dessous les principales conditions d'établissement :

Machine Compound à 4 cylindres.

Ligne de Montereau à Yssingeaux.

Surface de grille	0^{m2} 755
Nombre des tubes	89
Longueur des tubes	3^{m} 300
Surface de chauffe du foyer	4^{m2} 122
— des tubes (à l'intérieur)	37^{m2} 828
— totale	41^{m2} 950
Hauteur au dessus du rail { des tampons	0^{m} 750
Hauteur au dessus du rail { totale	3^{m} 200
Timbre de la chaudière	12^{k}
Diamètre moyen de la chaudière	0^{m} 922
Longueur de la machine à l'extrémité des tampons	7^{m} 450
Largeur maxima, toutes saillies comprises	2^{m} 400
Ecartement des essieux { 1er et 2e	1^{m} 150
Ecartement des essieux { 1er et 3e	2^{m} 850
Ecartement des essieux { extrêmes	4^{m} 000
Diamètre des roues couplées (D)	0^{m} 900
— des cylindres { d'admission (d)	0^{m} 250
— des cylindres { de détente (d')	0^{m} 280
Course des pistons (l)	0^{m} 460
Contenance des soutes { à eau	2^{m3} 900
Contenance des soutes { à charbon	1000^{k}
Poids de la machine vide	19300^{k}
— en charge	24700^{k}
Effort de traction maximum $\left(0{,}65\frac{pd^2l+p'd'^2l}{D}\right)$	4070^{k}
Adhérence $\left(\frac{1}{7}\text{ de } 20000\right)$	2857^{k}

Dans les machines de ce type, la chaudière repose, comme nous l'avons dit, sur deux bogies, dont l'un porte une paire de grands cylindres et l'autre une paire de petits cylindres. Dans le fonctionnement Compound, la vapeur agit directement dans les petits cylindres et ensuite, par détente, dans les grands. On peut aussi faire agir la vapeur directement dans les grands cylindres, ce qui permet, au démarrage, par exemple, d'augmenter l'effort de traction et, par suite, d'accélérer la mise en marche.

Les avantages théoriques de la machine Compound sont les suivants :

1° Elle permet, par l'emploi d'une détente prolongée, d'utiliser plus complètement la puissance de la vapeur;

2° Elle augmente le poids adhérent, qui devient égal au poids total de la machine, et permet, par suite, d'élever beaucoup l'effort de traction;

3° Elle donne plus de souplesse à la locomotive, par suite de l'emploi des deux bogies qui lui permet de passer facilement dans des courbes de faible rayon.

La Compagnie des chemins de fer départementaux, qui emploie ces machines depuis un certain temps, les considère comme supérieures aux autres types qu'elle emploie : 1° parce qu'elles peuvent utiliser leur poids total comme poids adhérent et que, par suite, elles disposent d'un effort de traction de beaucoup supérieur à celui des machines à trois essieux couplés, pouvant circuler dans les mêmes conditions, 2° en raison de l'économie notable de traction qu'elles procurent sur les lignes accidentées, quand le trafic est important, par suite de leur facilité à passer dans des courbes de faible rayon.

En ce qui concerne l'économie résultant de l'application du principe Compound, cette Compagnie le considère comme insignifiant.

Quant à l'entretien de la machine, il est certainement plus coûteux que celui des machines ordinaires.

Machines moyennes. — Comme exemples de machines de force moyenne, nous citerons celles de la Compagnie des chemins de fer départementaux qui font le service sur le réseau Sud d'Indre-et-Loire, dans l'Yonne et en Seine-et-Marne, d'une part, dans la Charente, d'autre part. Ce sont des machines à trois essieux couplés, l'essieu moteur se trouvant le troisième, et à un essieu porteur avec boîtes radiales. Voici les principales conditions d'établissement de ces deux types de machines, qui diffèrent peu l'un de l'autre.

	RÉSEAU SUD d'Indre-et-Loire, Yonne, Seine-et-Marne.		CHARENTE.	
Surface de grille	0 m² 800		0 m² 800	
Nombre des tubes	113		113	
Longueur des tubes	2 m 650		2 m 800	
Surface de chauffe — du foyer	3 m² 700		4 m² 050	
Surface de chauffe — des tubes (intérieur)	35 m² 300		37 m² 300	
Surface de chauffe — totale	39 m²		41 m² 350	
Hauteur au dessus du rail — des tampons	0 m 750		0 m 750	
Hauteur au dessus du rail — totale	3 m 200		3 m 200	
Timbre de la chaudière	10 k.		10 k.	
Diamètre moyen de la chaudière	0 m 950		0 m 950	
Longueur totale, tampons compris	7 m		6 m 700	
Largeur maxima, toutes saillies comprises	2 m 200		2 m 400	
Écartement des essieux — 1er et 2e	1 m 075		1 m 600	
Écartement des essieux — 1er et 3e	2 m 150		2 m 675	
Écartement des essieux — extrêmes	3 m 750		3 m 750	
Diamètre des roues — couplées (D)	0 m 900		0 m 900	
Diamètre des roues — porteuses	0 m 700		0 m 700	
Diamètre des cylindres (d)	0 m 300		0 m 300	
Course des pistons (l)	0 m 425		0 m 425	
Contenance des soutes — à eau	2 m³ 500		3 m³	
Contenance des soutes — à charbon	700 k.		800 k.	
	A vide.	En charge.	A vide.	En charge.
Poids — sur les essieux couplés	13400 k.	16500 k.	13500 k.	17100 k.
Poids — sur l'essieu porteur	3000	4700	3700	5300
Poids — total	16400	21200	17200	22400
Effort de traction maximum $\left(0{,}65\frac{pd^2l}{D}\right)$	2760 k.		2760 k.	
Adhérence (calculée au 1/7 de 20000 k.)	2857		2857	

D'après le calcul que nous avons présenté précédemment, ces deux machines, qui sont sensiblement de même force, peuvent remorquer 40 tonnes utiles, à la vitesse de 20 kilomètres, sur des rampes de 30 mm.

Machines faibles. — Nous citerons, comme exemples de machines de cette catégorie, celles qui sont employées sur les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher, et celles qui font le service de la ligne de Port-Boulet à Châteaurenault (Indre-et-Loire).

Machine des tramways de Loir-et-Cher. — Les locomotives destinées au service des tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher rentrent dans la catégorie des machines faibles ; elles pèsent, en effet, 11 à 12 tonnes à vide, et sont établies en vue de remorquer des trains relativement légers, sur des rampes allant jusqu'à 30 mm. Elles présentent, d'ailleurs, un certain nombre de particularités intéressantes, résultant du service spécial qu'elles ont à faire sur des lignes qui empruntent les accotements des routes sur une grande partie de leur longueur.

Ces machines sont représentées par les figures 147 à 150. Ce sont des machines-tenders, à trois essieux accouplés, dont le mouvement extérieur est entièrement caché par une enveloppe en tôle à charnières, qui peut se

LOCOMOTIVE-TENDER DES TRAMWAYS DE LOIR-ET-CHER

(Échelle de 1/40.)

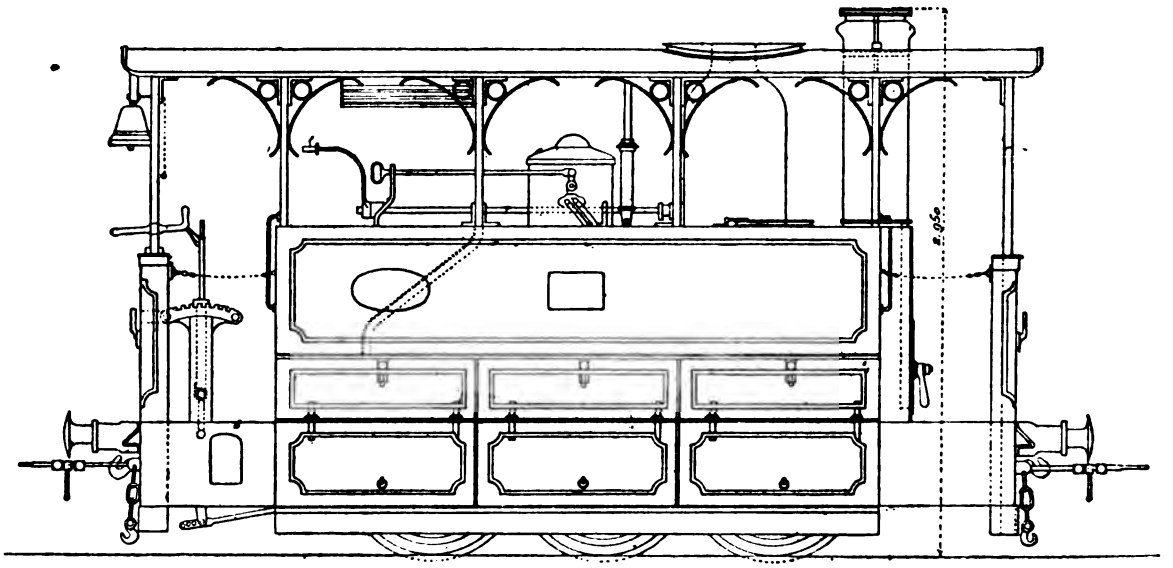


Fig. 147. — Élévation longitudinale.

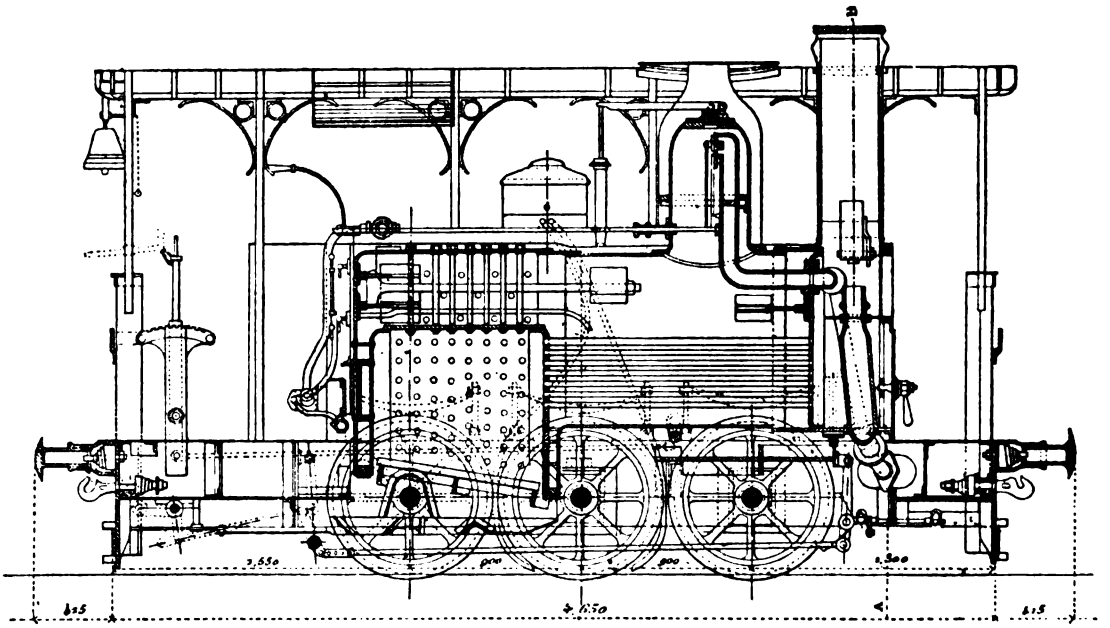


Fig. 148. — Coupe longitudinale.

relever pour permettre le graissage et la visite des différentes pièces du mécanisme. Cette disposition présente plusieurs avantages : elle effraye moins les chevaux que celle des machines dont tous les organes sont apparents ; elle soustrait en outre ces organes à l'action de la poussière et diminue un peu leur usure. Par contre, elle a l'inconvénient d'échauffer un peu trop les différentes pièces, renfermées dans une sorte de boîte où l'air ne circule pas. Mais, en raison des arrêts assez fréquents, pendant lesquels le mécanicien peut ouvrir l'enveloppe extérieure, cet inconvénient est sans gravité.

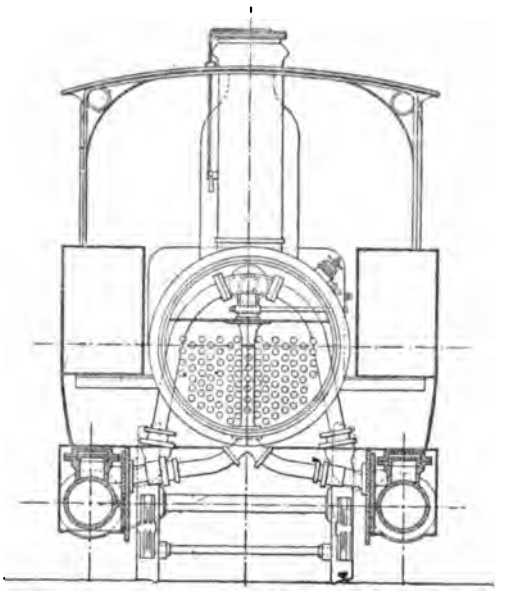


Fig. 149. — Coupe transversale par AB.

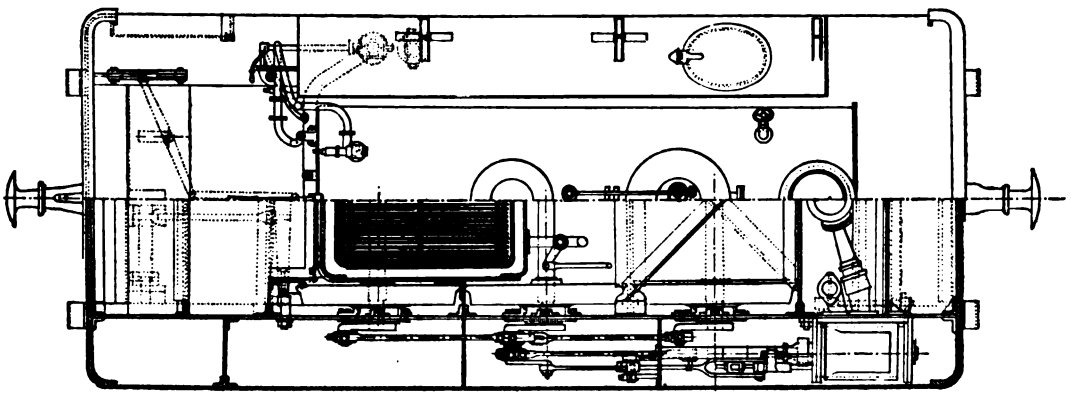


Fig. 150. — Plan par dessus et 1/2 coupe horizontale.

Les machines sont, en outre, munies d'une forte cloche, qui remplace le sifflet à vapeur ; ce dernier, qui ferait peur aux chevaux, est entièrement supprimé. Le mécanicien doit faire usage de la cloche comme d'un sifflet pour commander le serrage et le desserrage des freins, et pour annoncer la mise en marche ; en outre, il doit s'en servir et sonner d'une manière prolongée dès qu'il aperçoit une voiture sur les routes, ainsi que dans la traversée des villages, où la vitesse est d'ailleurs réduite à 10 et même quelquefois 6 kilomètres à l'heure.

En raison de la petitesse du diamètre des roues, qui n'ont que $0^m 832$, ces machines ne peuvent pas marcher à grande vitesse ; d'ailleurs, en vertu des règlements, la vitesse des trains, sur les parties des lignes qui empruntent les accotements des routes, ne doit pas dépasser 20 kilomètres à l'heure. Dans les parties situées à travers champs, elle atteint 25 à 30 kilomètres. La vitesse commerciale des trains est de 16 à 17 kilomètres.

Les machines sont munies du frein à contre-vapeur et d'un frein à vis. Elles comportent aussi le frein continu à vide, système Soulerin, qui est également installé sur le matériel à voyageurs des tramways dont il s'agit.

D'après les expériences que nous avons faites sur plusieurs de ces machines, l'arrêt se produit, par un beau temps, sous l'action du frein à main, dans un espace de 17 à 25 mètres, les machines étant lancées à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, sur une pente de 22^{mm} par mètre.

Le tableau ci-après résume les principales conditions d'établissement de ces machines :

Surface de grille	0^{m2} 64
Nombre des tubes	103
Longueur des tubes	1^m 40
Surface de chauffe du foyer	3^{m2} 04
— des tubes	15^{m2} 56
— totale	18^{m2} 60
Hauteur de l'axe de la chaudière au dessus du rail	1^m 25
Timbre de la chaudière	12^k
Longueur de la machine à l'extrémité des tampons	5^m 48
Largeur totale (toutes saillies comprises)	2^m
Écartement des essieux extrêmes	1^m 80
Hauteur totale de la machine	2^m 95
Diamètre des roues (D)	0^m 832
— cylindres (d)	0^m 232
Course des pistons (l)	0^m 360
Poids de la machine vide	$12\,000^k$
— en ordre de marche	$14\,700^k$
Capacité des soutes à eau	1 500 litres
— en combustible	500^k
Effort de traction maximum $\left(0{,}65 \times \frac{pd^2l}{D}\right)$	$1\,785^k$
Adhérence (calculée au 1/7 de $14\,000^k$)	$2\,000^k$

Charges remorquées. — Pour se rendre compte de la charge remorquée par ces machines, la Compagnie des tramways de Loir-et-Cher calcule la résistance des trains en alignement droit par les formules de Harding :

$$\text{Train seul} \quad R = 2{,}72\,P + 0{,}074\,VP + 0{,}005\,AV^2 + 1000\,Pi,$$
$$\text{Train avec machine} \quad R' = 3{,}40\,P' + 0{,}118\,VP' + 0{,}005\,AV^2 + 1000\,P'i.$$

Le 1er terme représente la résistance due au frottement; le 2e exprime les vibrations, chocs et mouvements irréguliers du train; le 3e, la résistance de l'air et le 4e, l'influence des rampes et des pentes.

P, poids du train seul;
P', poids du train et de la machine;
V, vitesse en kilomètres à l'heure;
A, surface de front du train;
i, inclinaison des pentes et rampes.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, les courbes sont combinées avec les déclivités de manière à ne pas produire de résistance totale supérieure à celle d'une rampe de $0^m 03$; les rampes de $0^m 03$ n'existent donc qu'en alignement droit.

Pour une vitesse de 20 kilomètres à l'heure, qui est la vitesse de régime des tramways, la seconde formule donne un poids brut de 50 tonnes environ, qu'il est possible de remorquer en rampe de 0^m 03. Ce poids de 50 tonnes comprend :

15t pour la machine,
35t pour le train.

Nota. — En palier et en alignement, la Compagnie admet une résistance de 4 kilogr. par tonne de train seul, à la vitesse de 20 kilomètres, et, dans les mêmes conditions, une résistance de 10 kilogr. pour la machine à 3 essieux couplés.

Machine d'Indre-et-Loire (ligne de Port-Boulet à Châteaurenault). — Cette machine est à 3 essieux couplés, avec essieu moteur au milieu. Voici ses principales conditions d'établissement :

Surface de grille		0^{m2} 68
Nombre des tubes		109
Longueur des tubes		2^m 200
Surface de chauffe	du foyer	3^{m2} 450
	des tubes (intérieur)	28^{m2} 250
	totale	31^{m2} 700
Hauteur au dessus du rail	des tampons	0^m 750
	totale	3^m 005
Timbre de la chaudière		10^k
Diamètre moyen de la chaudière		0^m 920
Longueur totale, tampons compris		5^m 712

Largeur totale (toutes saillies comprises)	2^m 100
Écartement des essieux { 1er et 2e	1^m 200
Écartement des essieux { 1er et 3e	2^m 400
Diamètre des roues couplées (D)	0^m 800
Diamètre des cylindres (d)	0^m 270
Course des pistons (l)	0^m 350
Contenance des soutes { à eau	1^{m3} 700
Contenance des soutes { à charbon	600^k
Poids de la machine vide	12000^k
— en charge	15600^k
Effort de traction maximum $\left(0{,}65\frac{pd^2l}{D}\right)$	2310^k
Adhérence (calculée au 1/7 de 14000^k)	2000^k

§ II. — Lignes à voie de 0^m 60.

Si l'on ne tient pas compte des machines tout à fait faibles, de 5 à 6 tonnes à vide, portées sur deux essieux, les locomotives en usage sur les lignes à voie de 0^m 60 peuvent être ramenées à 3 types principaux :

1° Machines de 7 à 10 tonnes à vide et de 8 à 13 tonnes en charge, portées par trois ou quatre essieux;

2° Machines Compound articulées, système Mallet, pesant 9 tonnes à vide et 12 tonnes en ordre de marche ;

3° Machines système Péchot-Bourdon, composées en réalité de deux machines réunies en une seule, avec un seul foyer et deux cheminées, pesant 10 tonnes à vide et 12 tonnes en ordre de marche.

Machines du premier type. — Ces machines sont tout à fait analogues à celles dont nous avons donné des exemples pour la voie de 1 mètre.

L'une d'elles, qui pèse 7^t2 à vide et 8^t5 en service, est portée par deux essieux couplés et un essieu radial à l'arrière (fig. 151). C'est une machine-tender qui ne présente aucune particularité intéressante, si ce n'est l'emploi d'une cheminée du système américain, empêchant la projection des flammèches qui pourraient brûler les récoltes. Elle est employée sur la ligne de Pithiviers à Toury, qui comporte des déclivités de 23^{mm} et des courbes de 30 mètres de rayon. L'empattement des essieux couplés n'étant que de 0^m 90, elle peut passer à très petite vitesse dans des courbes très raides (15 mètres de rayon d'après la Société Decauville). Le diamètre des roues motrices est faible (0^m 610) et la machine ne peut guère dépasser une vitesse de marche de 16 à 18 kilomètres à l'heure. C'est évidemment insuffisant pour assurer dans de bonnes conditions le service des trains de voyageurs.

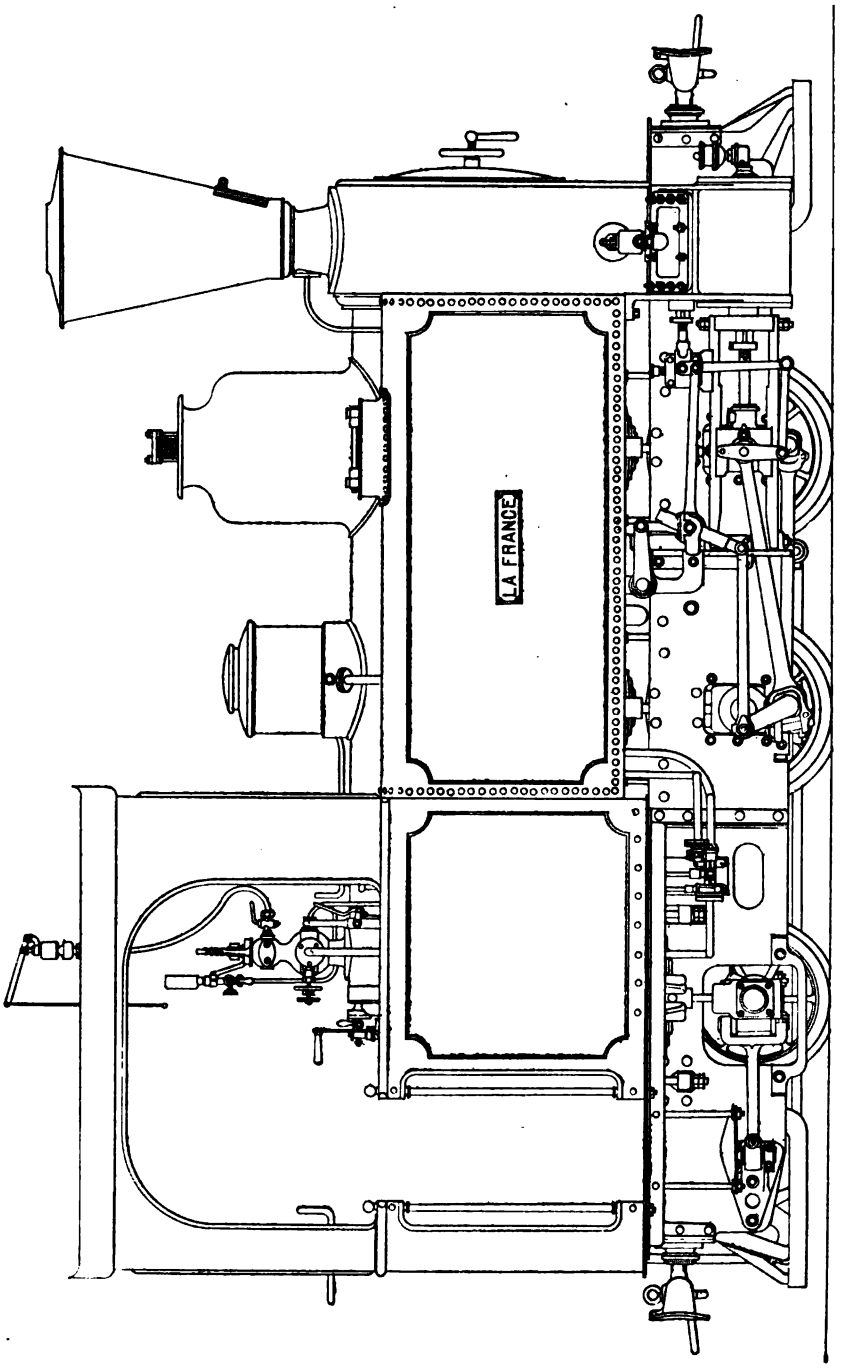


Fig. 151. — Locomotive de 7 tonnes à vide, pour voie de 0m 60.

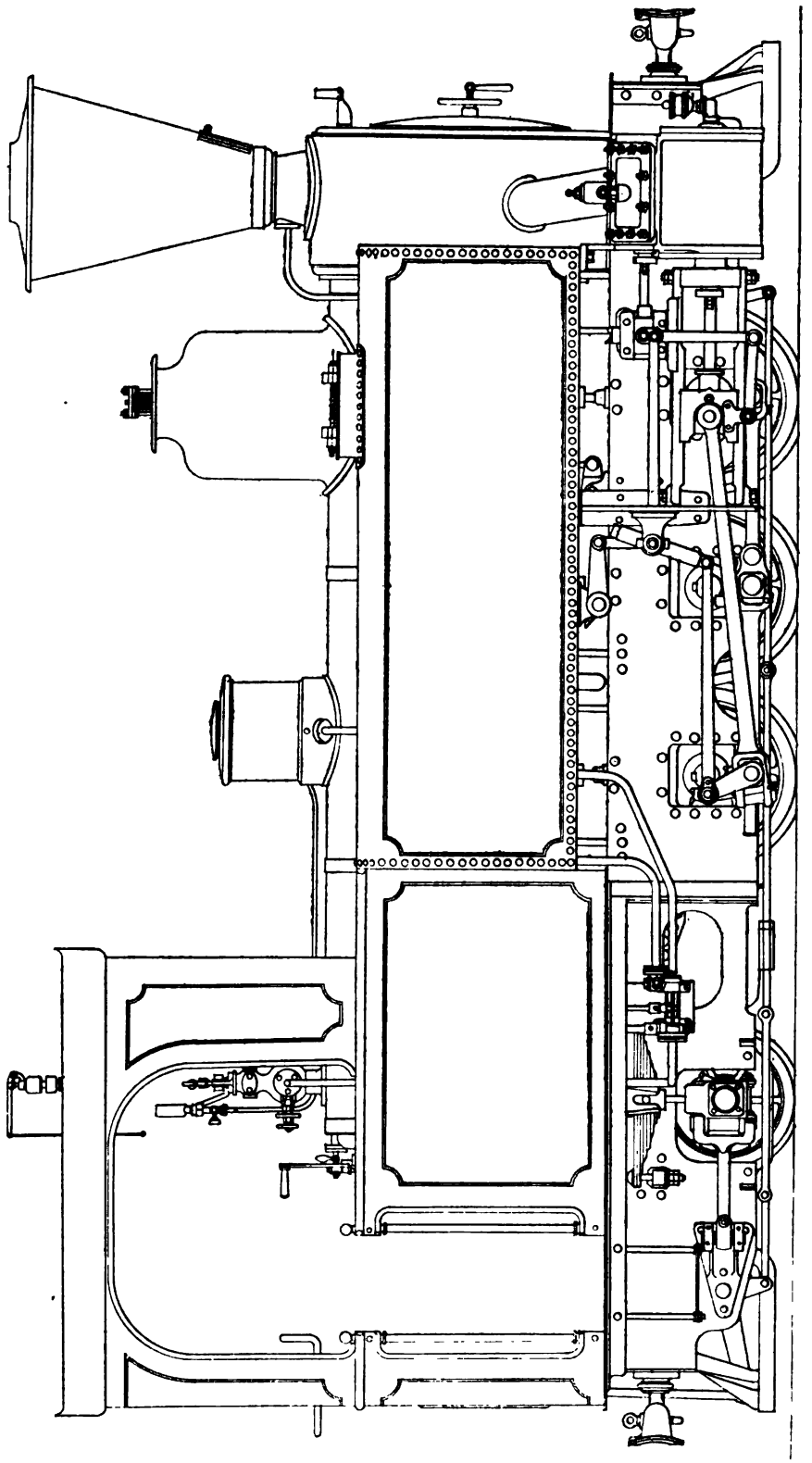


Fig. 152. — Locomotive radiale de 10 tonnes à vide, pour voie de 0 = 60.

La locomotive représentée par la figure 152 est plus forte que la précédente. Elle est portée par trois essieux couplés et un essieu radial à l'arrière ; elle pèse 10 tonnes à vide et 13 tonnes en ordre de marche. C'est un type analogue, comme disposition générale, à la machine des chemins de fer corses.

L'empattement des roues couplées étant de $1^m 400$, la machine peut passer à très faible vitesse dans des courbes de 25 mètres de rayon ; le diamètre des roues motrices est de $0^m 650$. La vitesse de marche peut atteindre 20 kilomètres à l'heure.

Nous reproduisons ci-dessous les principales conditions d'établissement de ces deux machines.

		Machine de 7 t. 2	Machine de 10 t.
Surface de grille		0^{m2} 38	0^{m2} 60
Surface de chauffe	du foyer	2^{m2} 20	2^{m2} 54
	des tubes	14^{m2} 80	22^{m2} 46
	totale	17^{m2}	25^{m2}
Gabarit.	Longueur totale	4^m 500	4^m 800
	Largeur	1^m 800	1^m 900
	Hauteur	2^m 650	2^m 850
Timbre de la chaudière		12^k	12^k
Ecartement des essieux.	1er et 2e	0^m 900	0^m 700
	1er et 3e	1^m 900	1^m 400
	extrêmes	1^m 900	2^m 600
Diamètre des roues couplées (D)		0^m 610	0^m 650
Diamètre des roues porteuses		0^m 510	0^m 510
Diamètre des cylindres (d)		0^m 210	0^m 250
Course des pistons (l)		0^m 300	0^m 320
Contenance des soutes.	à eau	980^l	1400^l
	à charbon	500^k	700^k
Poids de la machine vide		7200^k	10000^k
Poids de la machine avec approvisionnement complet		9450^k	13000^k
Poids de la machine en service moyen		8500^k	11800^k
Effort de traction maximum $\left(0{,}65\,\frac{pd^2l}{D}\right)$		1690^k	2400^k
Adhérence (calculée au 1/7 du poids en service moyen)		1214^k	1685^k

Nous donnons ci-dessous le calcul de la charge utile que peut remorquer la machine de 10 tonnes sur des rampes de 30^{mm} à la vitesse de 12 kilomètres à l'heure, qui est sa vitesse de régime ; nous employons les mêmes formules que dans le calcul déjà présenté pour la machine d'Indre-et-Loire (à voie d'un mètre).

Calcul de la surface de chauffe réduite :

$$S = 2,54 + \frac{22,46}{3} = 10^{m^2}03.$$

Puissance de la machine.

100 chevaux ou 7500 kilogrammètres.

Effort de traction à la vitesse de 12 kil. à l'heure (ou 3^m33 par seconde).

$$\frac{7500}{3,33} = 2252^k.$$

Il y a lieu de remarquer que ce chiffre est supérieur à l'adhérence en service moyen et que, dès lors, il y a lieu de le réduire au chiffre donné pour l'adhérence, soit 1685^k.

Résistance de la machine.

$3 + 0,17 \times 12 = 5^k4$ par tonne en palier.

En rampe de 30^{mm}, la résistance sera de 35^k4 par tonne, soit

$35,4 \times 11,8 = 418^k$ pour la machine en service moyen.

L'effort de traction disponible est donc de $1\,267^k$.

Résistance du train.

$1,50 + 0,0007 \times \overline{12}^2 = 1^k60$ par tonne en palier.

En rampe de 30^{mm}, la résistance sera de 31^k60 par tonne.

$$\text{Charge remorquée } \frac{1267}{31,60} = 40 \text{ tonnes.}$$

Machines du deuxième type. — Les machines Compound, système Mallet, ont été étudiées d'abord pour circuler sur les voies militaires du service de l'artillerie à Toul ; elles ont été également mises en service sur la ligne de l'Exposition universelle de Paris, en 1889.

Elles ont pour principe, comme nous l'avons dit, de conserver pour l'adhérence le poids total de la machine, afin d'augmenter sa puissance de traction, de répartir ce poids total sur le plus grand nombre possible d'essieux, afin de diminuer la charge par essieu et, par suite, le poids des rails, enfin, de permettre la circulation dans les courbes de faible rayon.

Les figures 153 à 155 représentent la machine de l'Exposition. Les quatre essieux moteurs sont divisés en deux groupes distincts, qui peuvent faire un angle l'un par rapport à l'autre ; le groupe d'arrière est fixe et supporte l'arrière de la machine et les deux essieux couplés de ce groupe sont

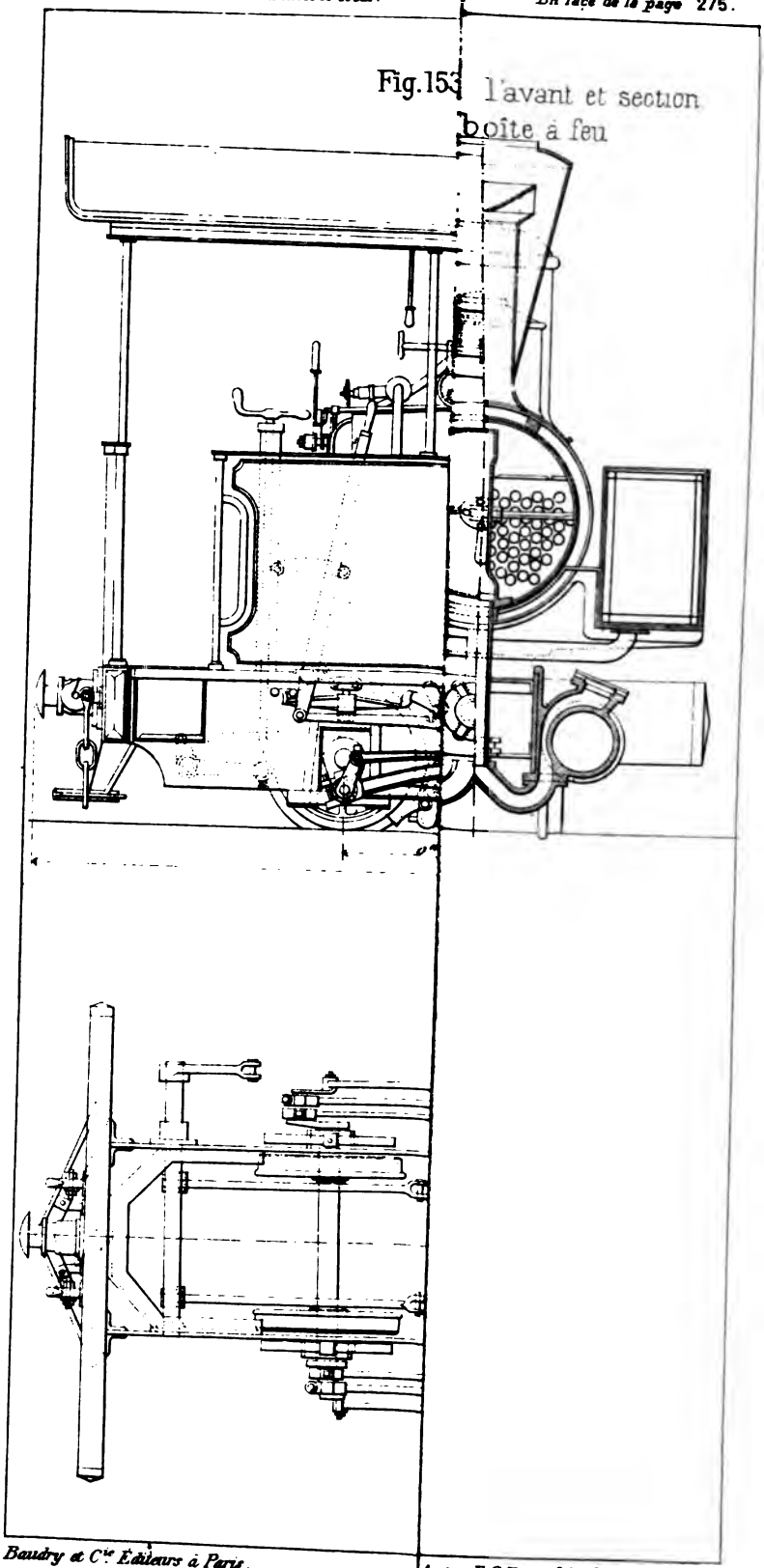


Fig. 153 l'avant et section
boîte à feu

Baudry et Cie Éditeurs à Paris. *Autog. E. Gillet. – Imp. Monrocq. Paris.*

actionnés par deux cylindres extérieurs, qui sont les cylindres à haute pression et reçoivent directement la vapeur de la chaudière ; il n'y a donc besoin d'aucune articulation dans les tuyaux de prise de vapeur de ce premier groupe, qui est celui où les fuites sont le plus à craindre.

Le deuxième groupe moteur, qui supporte l'avant de la locomotive, est relié au premier groupe au moyen d'une charnière, placée dans l'axe de la machine et permettant la rotation, dans un plan horizontal, de ce deuxième groupe autour de ladite charnière. L'avant de la machine repose sur le bâti mobile de cet avant-train, au moyen de platines, fixées à la chaudière, qui peuvent glisser sur un arc circulaire en fer, tenant au bâti et dont le centre est au point d'articulation. Les deux essieux couplés de cet avant-train mobile sont actionnés par deux cylindres extérieurs, qui sont les cylindres à basse pression ; ils reçoivent la vapeur, à sa sortie des cylindres à haute pression, au moyen d'un tuyau situé dans l'axe de la machine et qui est relié au tuyau d'échappement des cylindres à haute pression par une rotule, située près du point d'articulation. Cette disposition diminue les chances de perte de vapeur, qui sont ici moins à craindre, puisque la pression de la vapeur dans cette conduite n'est plus que de 4 à 5 kilogr. au lieu de la pression de 12 kil. qui existe dans la chaudière. L'échappement des cylindres à basse pression se fait au moyen d'un tuyau vertical, muni de deux rotules.

Le rapport du volume des cylindres à basse pression à celui des cylindres à haute pression est de 2,25 ; ce rapport permet de conserver la même admission dans les deux groupes de cylindres et, par suite, de n'avoir qu'un seul levier de changement de marche. La distribution est du système Walschaerts.

Le diamètre des roues motrices est de $0^m 60$ et l'écartement entre les essieux de chaque groupe est de $0^m 85$; la vitesse de régime est de 18 k. 5 et la machine peut circuler très facilement dans des courbes de 20 mètres de rayon. La vitesse de marche peut atteindre 22 kilomètres à l'heure.

Cette locomotive est disposée pour marcher toujours en Compound ; elle ne convient que dans les cas où le travail à produire est peu variable et où le démarrage peut se faire facilement avec la marche en Compound. Lorsque la locomotive est appelée à faire un service où les efforts sont très variables, surtout au moment des démarrages, elle doit être munie du détendeur et de la valve de démarrage de M. Mallet, qui lui permet de fonctionner soit en Compound, soit par l'admission directe de la vapeur dans les quatre cylindres. A l'Exposition, les machines fonctionnant seulement en Compound pouvaient développer un effort de traction de 1 800 kilogr. ; celles qui étaient disposées pour les deux modes de fonctionnement avaient des cylindres de dimensions un peu plus petites que les autres ; elles pouvaient développer, en marche Compound, un effort de traction de 1 400 kilogr., et, en marche directe, un effort de 2 000 kilogr.

Nous résumons ci-dessous les principales conditions d'établissement du type de locomotive représenté par les figures 153 à 155 :

Surface de grille		$0^{m2}500$
Longueur des tubes		$1^{m}983$
Surface de chauffe	des foyers	$2^{m2}300$
	des tubes	20^{m2} »
	totale	$22^{m2}300$
Timbre de la chaudière		12^{k}
Diamètre des roues (D)		$0^{m}60$
Ecartement des essieux de chaque groupe		$0^{m}85$
Empattement total		$2^{m}80$
Diamètre des cylindres	haute pression (d)	$0^{m}187$
	basse pression (d')	$0^{m}280$
Course commune des pistons (l)		$0^{m}260$
Contenance des soutes	à eau	1 420 litres
	à charbon	520^{k}
Hauteur de l'axe du corps cylindrique au dessus du rail		$1^{m}30$
Longueur de la machine		$5^{m}38$
Largeur de la machine		$1^{m}90$
Poids à vide		$9\,300^{k}$
Poids avec approvisionnement complet		$11\,500^{k}$
Poids en service moyen		$10\,800^{k}$
Effort de traction maximum $\left(0{,}65\,\frac{pd^2l + p'd'^2l'}{D}\right)$		$1\,800^{k}$
Adhérence (calculée au 1/7 du poids moyen)		$1\,540^{k}$

Cette machine peut remorquer une charge utile de 30 tonnes environ sur des rampes de 30^{mm}, à une vitesse de 18 kilomètres à l'heure, qui est à peu près sa vitesse de régime.

Machines de troisième type. — Ces machines, étudiées par MM. Péchot et Bourdon, sont caractérisées par la jonction de deux chaudières avec un foyer au milieu et deux cheminées. Elles fonctionnent sur les lignes militaires qui entourent la place de Toul.

Elles sont portées par deux bogies, dont les groupes d'essieux sont actionnés chacun par un groupe de cylindres extérieurs. La chaudière est timbrée à 12 kilogr. et la vapeur agit directement dans les quatre cylindres.

La distance des essieux accouplés dans chaque groupe étant de $0^{m}85$, ces machines passent facilement dans des courbes de 20 mètres de rayon.

Le chauffeur se place d'un côté de la machine et le mécanicien en face. Le poids est de 9t 5 à vide et de 12 tonnes en ordre de marche.

Nous résumons ci-dessous les principales conditions d'établissement de cette machine, représentée par la figure 156.

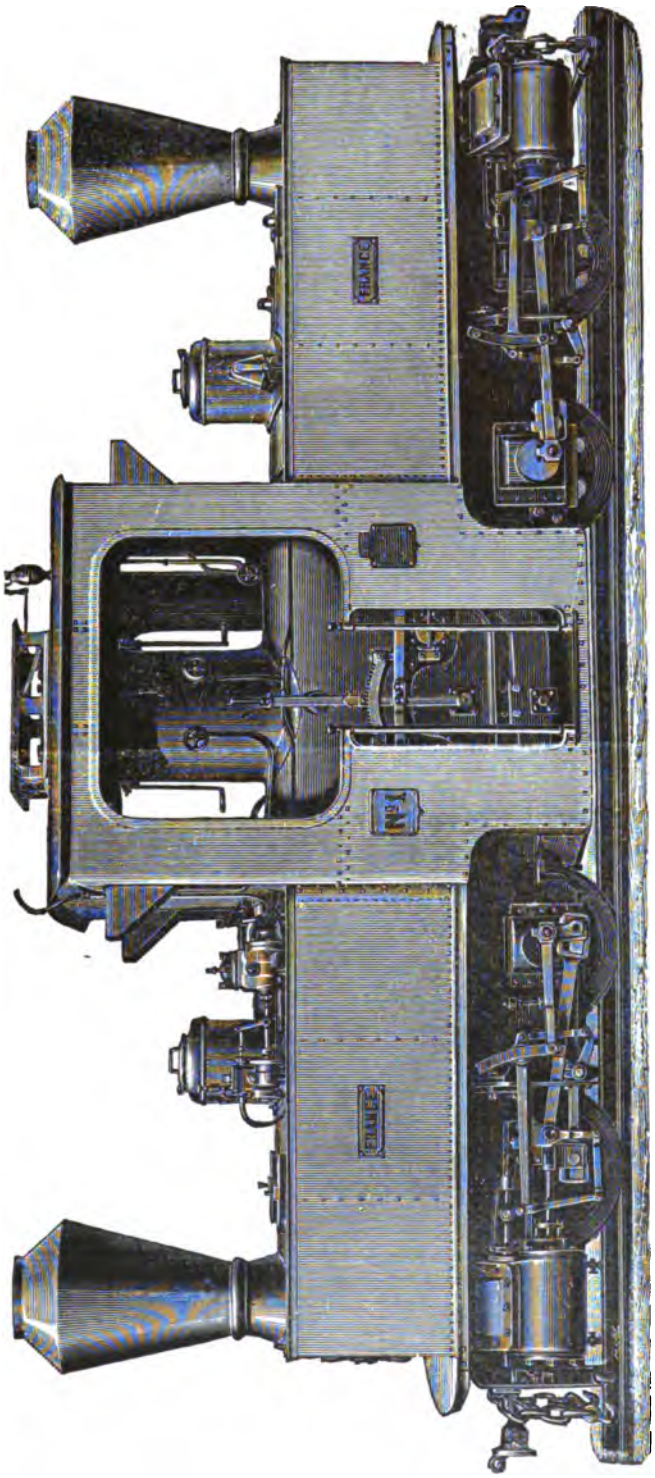


Fig. 156. — Locomotive articulée, système Péchot-Bourdon, pour voie de 0 m 60.

Surface de grille		$0^{m2}480$
Surface de chauffe	du foyer	$3^{m2}550$
	des tubes	$22^{m2}050$
	totale	$25^{m2}600$
Timbre de la chaudière		12^{k}
Diamètre des roues (D)		$0^{m}650$
Écartement des essieux de chaque groupe		$0^{m}85$
Empattement total		$3^{m}800$
Diamètre des cylindres (d)		$0^{m}175$
Courses des pistons (l)		$0^{m}240$
Contenance des soutes	à eau	1 700 litres
	à charbon	600^{k}
Longueur totale de la machine		$6^{m}10$
Largeur		$2^{m}075$
Hauteur		$2^{m}650$
Poids à vide		$9\,500^{k}$
Poids avec approvisionnement complet		$12\,300^{k}$
Poids en service moyen		$11\,500^{k}$
Effort de traction maximum $\left(0{,}65\,\frac{pd^2l}{D}\right)$		$1\,760^{k}$
Adhérence (calculée au 1/7 du poids moyen)		$1\,640^{k}$

Cette machine peut remorquer, à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure, une charge utile de 30 tonnes environ sur des rampes de 30^{mm}.

CHAPITRE III

VOITURE AUTOMOTRICE POUR TRAMWAYS

Voiture Rowan. — Son emploi sur différents tramways à l'étranger et sur la ligne de Tours à Vouvray. — Machine à vapeur Rowan pour voiture à 60 places. — Application de ce système aux tramways régionaux.

On se sert, sur un certain nombre de lignes de tramways, d'un mode de traction spécial, appliqué pour la première fois, il y a environ 15 ans, par l'ingénieur anglais Grantham et qui consiste dans l'emploi d'une « voiture automotrice », fonctionnant à la vapeur, dont le principe est de placer le moteur dans la voiture elle-même, au lieu de l'y atteler sous forme de locomotive.

M. l'ingénieur Rowan a, depuis cette époque, appliqué ce principe à la traction d'un grand nombre de tramways, tant en France qu'à l'étranger, et fait établir des moteurs à vapeur spécialement étudiés en vue de ce fonctionnement. Il a publié, en 1891, une brochure intitulée : « *La traction économique pour tramways*, » dans laquelle il décrit les détails de l'application de son système : c'est à cette brochure, ainsi qu'aux documents ayant servi à l'établissement du tramway de Tours à Vouvray (à voie normale), que sont empruntés les renseignements que nous donnons ci-dessous.

M. Rowan fait remarquer que sur les tramways les rails sont souvent recouverts de boue et deviennent alors très glissants, que, pour cette raison, et aussi à cause du taux élevé des rampes à franchir, il y a intérêt à augmenter l'adhérence des roues motrices et, par suite, à placer le moteur dans ou sous la voiture, de manière à lui faire porter une partie du poids de cette voiture et de ses voyageurs. On aura ainsi réduit le poids mort du matériel roulant, ce qui est encore plus important sur les tramways que sur les chemins de fer ordinaires, précisément à cause de l'élévation du taux des déclivités.

Mais, s'il est essentiel que le moteur soit placé dans la voiture même des tramways urbains, il n'est pas nécessaire qu'il soit accouplé avec elle d'une

manière rigide. Au contraire, il vaut mieux qu'il puisse en être séparé facilement et rapidement et, au besoin, être remplacé par un autre moteur semblable.

Tout moteur de tramway doit, en effet, pouvoir être visité et nettoyé après un parcours de 600 à 800 kilomètres et il serait évidemment contraire aux règles d'une bonne exploitation d'avoir à retirer la voiture du service, chaque fois que son moteur doit rester à l'atelier.

Le moyen pour réaliser cette condition est fort simple. La caisse de la voiture est posée sur deux trucks, qui peuvent tourner indépendamment l'un de l'autre : le truck d'avant, à deux essieux, porte le mécanisme moteur et, au lieu d'être fixé sous la voiture comme celui d'arrière, il s'introduit entre ses longerons et ses faces latérales, comme un cheval entre ses brancards. La manœuvre se comprend facilement, à l'inspection des figures 157 et 158.

La figure 157 représente une voiture automotrice à vapeur, demi-ouverte, de tramway de ville pour 55 voyageurs, en ordre de marche. Elle repose sur deux bogies : celui d'avant, qui porte le moteur, a quatre roues, qui sont les roues motrices; celui d'arrière n'a que deux roues.

La figure 158 montre le truck moteur séparé de la voiture proprement dite. Pour effectuer cette opération, on enlève le garde-corps d'avant, qui est très léger, on fait reposer la voiture sur un appui quelconque et on retire alors le truck des longerons de la voiture; l'opération se fait en quelques minutes.

Voici comment sont reliées les deux parties de ce véhicule spécial, moteur et voiture proprement dite.

Sur le châssis du moteur, à hauteur des brancards de la voiture, se trouvent deux coulisses en arc de cercle, dont le centre est sur l'axe d'empattement des roues. Dans chacune de ces coulisses glissent deux patins sur lesquels s'appuient les extrémités d'un ressort à lame; ces ressorts servent de supports aux longerons de la voiture. Le moteur joue donc le rôle de bogie à l'avant de la voiture et lui permet de passer dans des courbes très raides. Les ressorts à lame interposés entre la caisse et les patins empêchent que les trépidations de la machine se transmettent à la voiture et assurent une bonne suspension de l'ensemble. Entre le moteur et le compartiment des voyageurs se trouve une cloison en bois, doublée de toile d'amiante, pour empêcher que les voyageurs soient incommodés par la chaleur de la chaudière.

Le truck d'avant est relié au train des roues d'arrière par deux tirants de traction, croisés et boulonnés sur des pattes fixées aux extrémités de la traverse d'arrière du moteur. Les mouvements des roues d'arrière et du bogie d'avant sont donc solidaires.

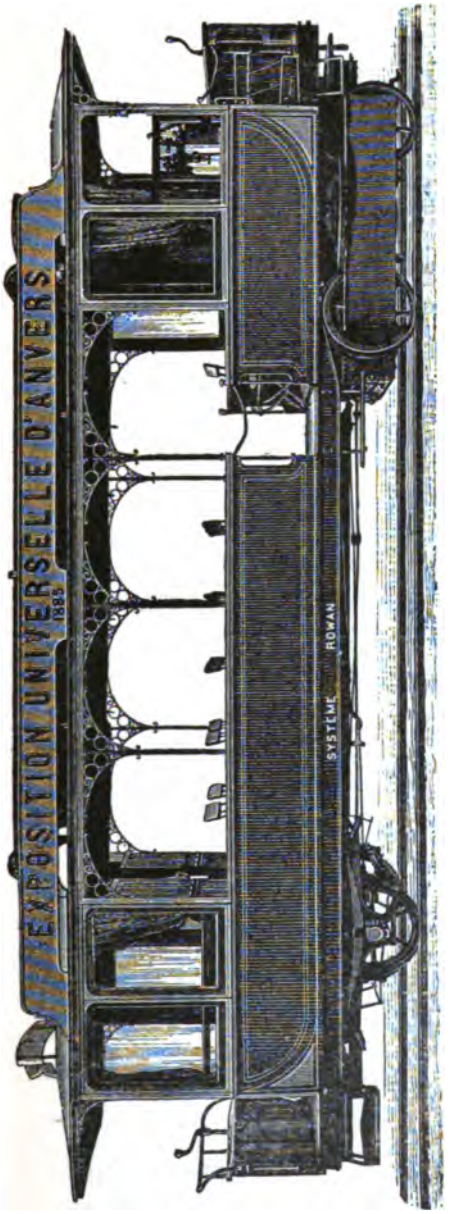


Fig. 157. — Voiture automotrice Rowan (Echelle 1/100).

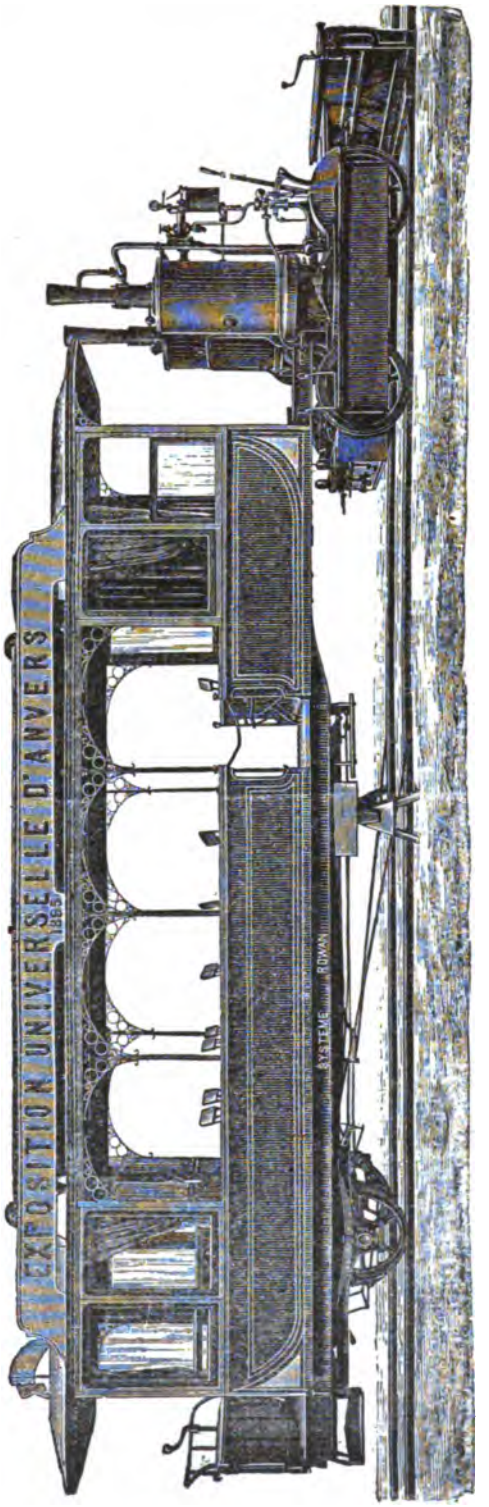


Fig. 158. — Voiture automotrice Rowan (Echelle 1/100).

La liaison est complétée par un secteur horizontal, fixé au châssis du véhicule et saisi entre deux rouleaux verticaux de forme bombée, placés sur le moteur et dans l'axe de celui-ci. Ce secteur a, en outre, pour fonction de régulariser les mouvements relatifs de la caisse et du moteur.

Tout l'effort de traction porte donc sur les tirants et sur le secteur, sans aucune intervention de la caisse.

Nous décrivons plus spécialement ci-dessous les dispositions adoptées pour une voiture de 55 à 60 places; c'est à peu près le cas de la ligne de Tours à Vouvray.

Moteur. — L'appareil de vaporisation est formé de deux chaudières verticales à foyer intérieur et tubes à eau, réunies à leur partie supérieure par un corps horizontal, dans lequel se fait la circulation de l'eau (fig. 159 à 161).

Chaque corps vertical a son foyer et son faisceau tubulaire particulier, mais il n'y a qu'un seul manomètre, un seul niveau d'eau, etc.

L'enveloppe extérieure est en deux parties, assemblées par un joint à équerres boulonnées. Il suffit, pour mettre à jour les ouvertures des tubes et en permettre la visite et le nettoyage, d'enlever la partie supérieure de cette enveloppe.

Le tirage est naturel; il est produit, pour chaque foyer, par une cheminée dont la base est fixée sur le ciel du foyer. La machine ne porte pas de soute à charbon spéciale. Le combustible est placé dans de petites caisses en tôle accrochées au garde-corps d'avant et contenant chacune 2 kilogr. de coke; le chargement du foyer se fait ainsi sans pelle et avec une grande propreté.

Le mécanisme moteur est placé entre les deux chaudières, dans une caisse fermée par le dessous, formant le bâti du bogie. C'est une machine horizontale à deux cylindres, dont le mouvement comprend une pompe alimentaire.

L'essieu coudé est à l'arrière et les cylindres à l'avant.

Le levier de changement de marche, un injecteur, une garniture réunissant, à hauteur de manœuvre, le levier du modérateur et les accessoires de la chaudière, la commande d'un frein à pédale pour le moteur et d'un frein à vis pour la voiture, sont également à l'avant, à portée du mécanicien. Le mécanisme tout entier peut être démonté et remplacé facilement en enlevant quelques boulons.

Condenseur. — Une des particularités intéressantes de la machine consiste dans l'emploi de la condensation. La vapeur d'échappement se rend directement dans un condenseur de construction spéciale, placé sur le toit de la voiture. C'est un condenseur de surface, formé de tôles minces en cuivre

MACHINE A VAPEUR, SYSTÈME ROWAN, POUR VOITURE A 55 PLACES

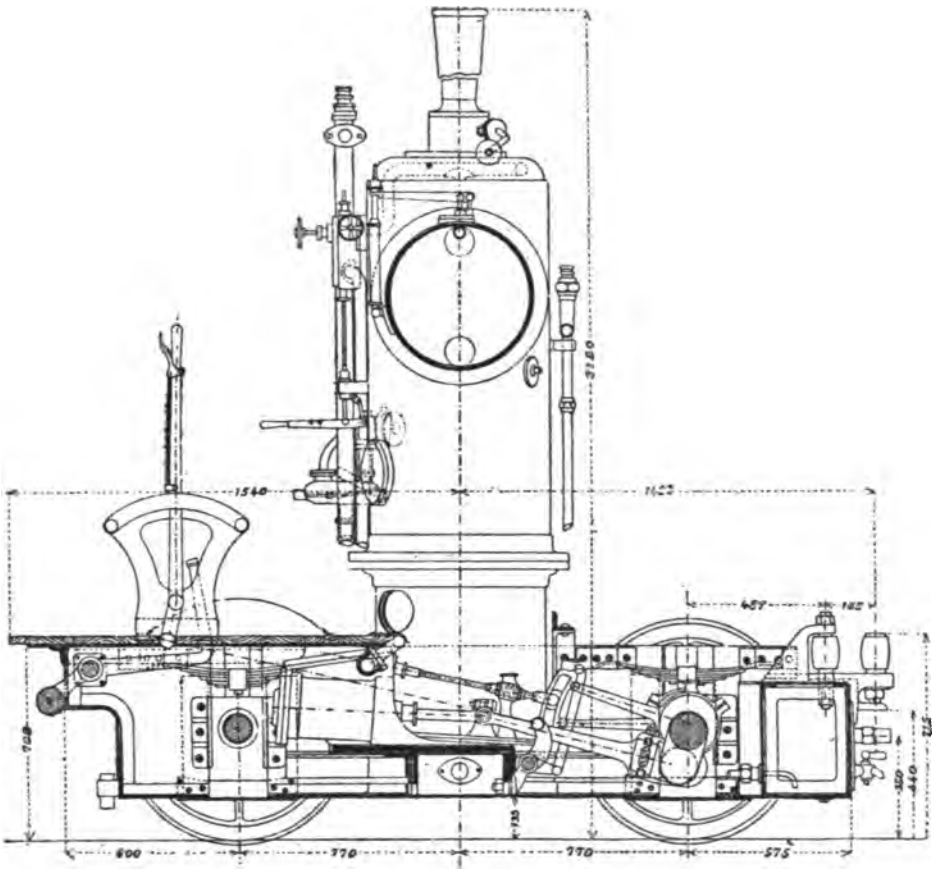


Fig. 159. — Coupe longitudinale.

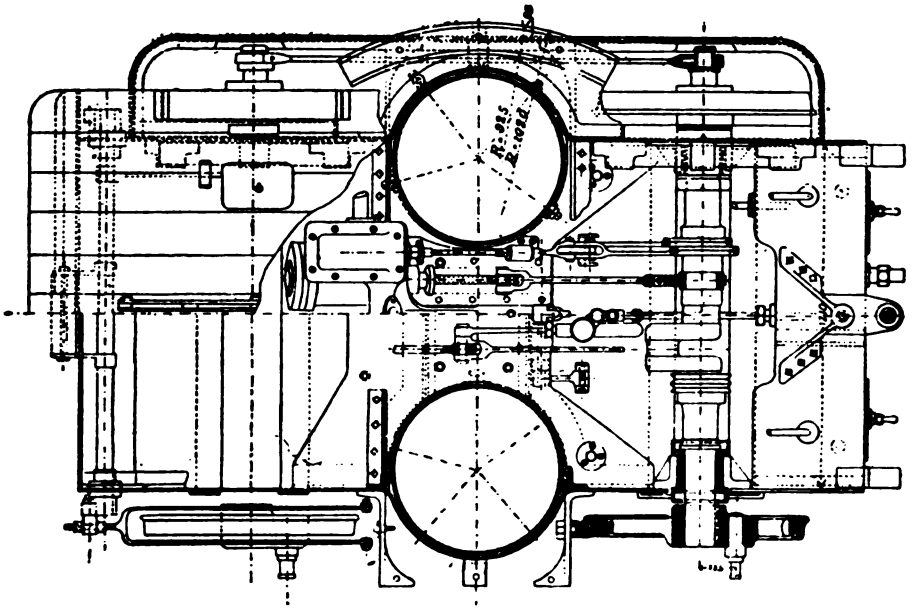


Fig. 160. — Plan par dessus.

rouge, ondulées et juxtaposées deux à deux, de manière à constituer des chambres dont la grande surface est très favorable à l'émission de la chaleur.

Les ondulations de ces feuilles ont 10^{mm} de hauteur; chaque chambre a donc 20^{mm} d'épaisseur. La proximité un peu grande des surfaces est compensée par la circulation d'air produite par le mouvement de la voiture.

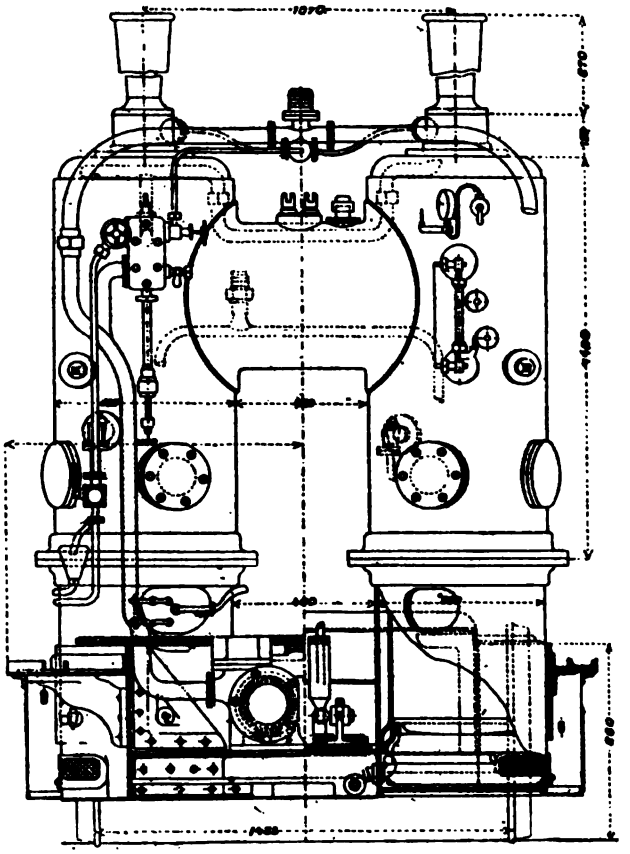


Fig. 161. — Vue par bout.

Le nombre et la longueur des chambres varient suivant la surface totale de condensation que l'on veut obtenir. Sur la ligne de Tours à Vouvray, le condenseur présente une surface de 104^{m2} et pèse 600 kilogr. Ces chambres communiquent, par un bout, avec un tube transversal, amenant la vapeur d'échappement et, par l'autre bout, avec un second tube collecteur qui reçoit l'eau de condensation et la ramène, par deux tubes de descente, aux bâches à eau placées sous la voiture.

Ces bâches sont reliées par un tuyau de caoutchouc avec le petit réservoir du moteur, dans lequel l'eau est ainsi maintenue à un niveau convenable.

La condensation de la vapeur étant produite par la différence de température entre l'air extérieur et la vapeur, il peut arriver, dans les grandes chaleurs de l'été, que toute la vapeur ne soit pas condensée. Dans ce cas, la vapeur en excès est conduite dans un cylindre en cuivre rouge, placé à la partie inférieure du foyer; elle s'en échappe alors surchauffée, et par suite invisible.

Les tubes qui conduisent l'eau chaude du condenseur aux bâches placées sous la voiture sont reliés avec une série d'autres tubes installés dans le compartiment des voyageurs, de sorte qu'en hiver ce compartiment se trouve chauffé sans aucune dépense supplémentaire.

L'excédent d'eau de condensation non utilisée doit être purgé; cette opération a pour effet d'entraîner par l'échappement les matières de graissage. Avant que la voiture commence son service, une purge à la vapeur, tous les robinets de vidange ouverts, effectue un nettoyage plus énergique du condenseur et des bâches.

Le moteur représenté par les figures 159 à 161 est le grand modèle; il pèse à vide 6 000 kilogr.; sa vaporisation est de 1 000 litres à l'heure, son effort de traction maximum, de 1 100 kilogr. Les roues motrices ont $0^{m}72$ de diamètre.

Voiture. — On peut donner à la caisse des voitures à vapeur des formes variées, suivant les exigences particulières de chaque ligne et de chaque service. Les figures 157 et 158 montrent la disposition d'une voiture d'été pour tramway de ville.

Les figures 162 et 163 représentent une voiture de tramway fermée, offrant 60 places, dont 44 assises et 16 debout.

Nous donnons ci-dessous les principales conditions d'établissement d'une voiture à vapeur contenant 55 à 60 places; c'est le type qui paraît convenir le mieux aux tramways urbains.

Longueur	$9^{m}70$
Largeur	$2^{m}14$
Poids mort en ordre de marche	$12\,500^{k}$
Poids utile pour l'adhérence en pleine charge	$11\,000^{k}$
Diamètre des cylindres (d)	$0^{m}175$
Course des pistons (l)	$0^{m}250$
Diamètre des roues motrices (D)	$0^{m}720$
Pression de la vapeur	16^{k}
Vaporisation en litres d'eau par heure	$1\,000^{k}$
Effort de traction maximum $\left(0{,}65\,\frac{pd^{2}l}{D}\right)$	$1\,100^{k}$
Rayon minimum des courbes où la voiture peut circuler	14^{m}
Déclivité maxima des rampes	$60^{m}/^{m}$

VOITURE DE TRAMWAY FERMÉE, SYSTÈME ROWAN. (Echelle 1/50.)

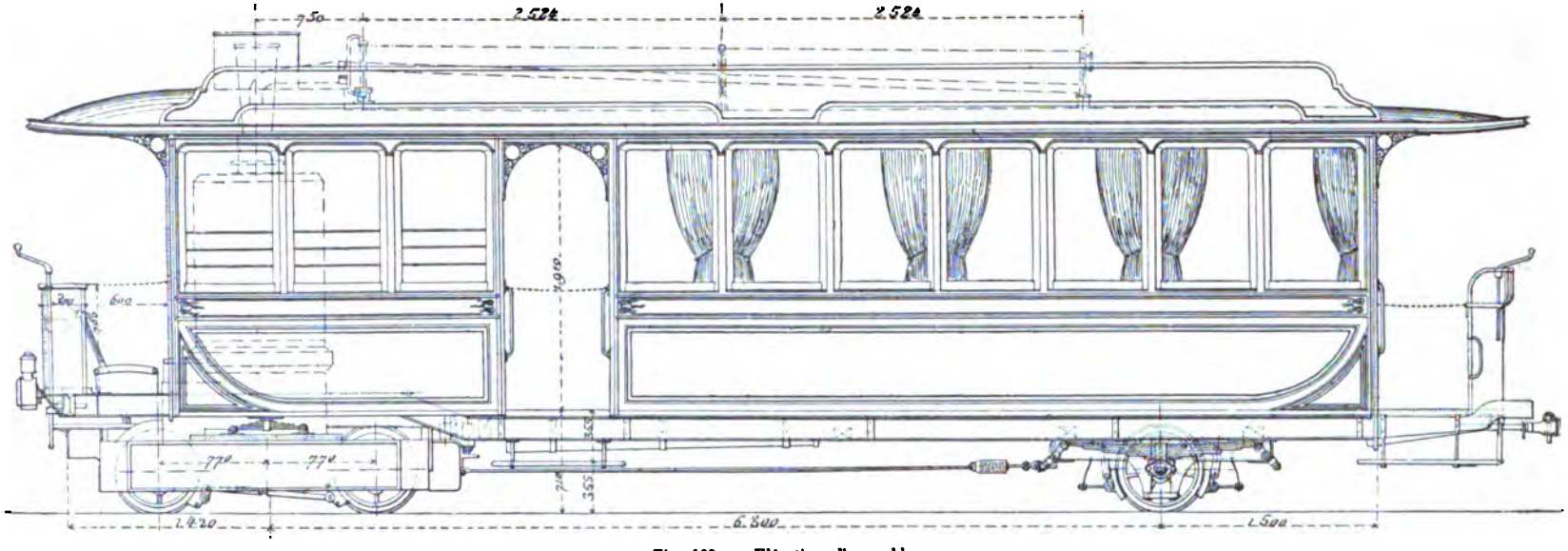


Fig. 162. — Elévation d'ensemble.

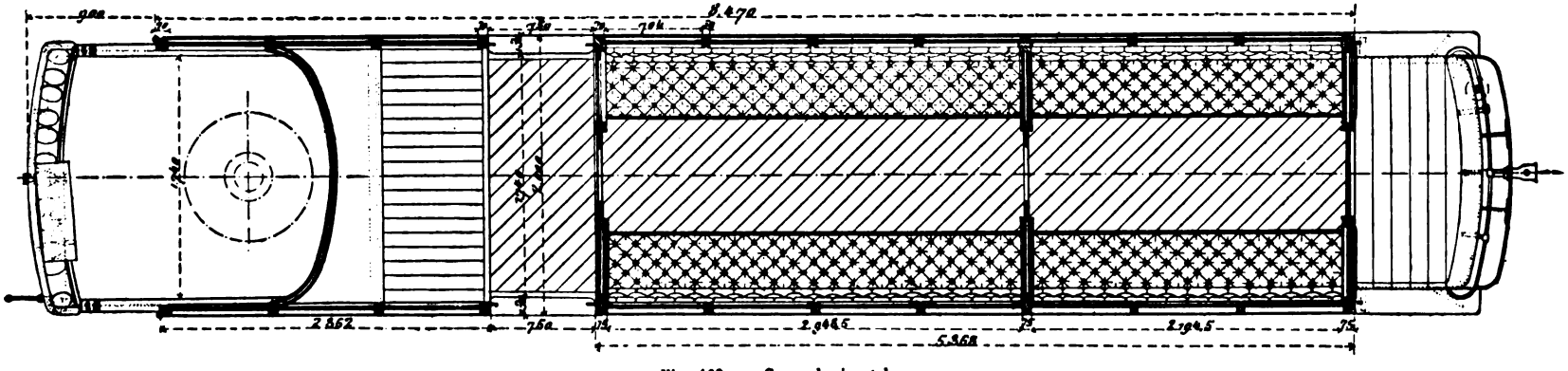


Fig. 163. — Coupe horizontale.

Cette voiture, lancée à une vitesse de 10 kilomètres à l'heure, peut être arrêtée par ses freins dans un intervalle de 6 à 8 mètres. Un seul homme est nécessaire sur la machine. Un conducteur fait le service de la voiture.

Le système de traction que nous venons d'indiquer peut être employé, non seulement pour les tramways urbains, mais aussi pour les tramways de banlieue, comme celui de Tours à Vouvray. On attelle alors, derrière la voiture à vapeur, une deuxième voiture permettant de transporter un plus grand nombre de voyageurs. En outre, il convient en général d'avoir un compartiment pour les messageries. Nous représentons fig. 164 et 165, la composition habituelle des trains qui desservent la ligne de Tours à Vouvray.

Les compartiments DDD peuvent être fermés en hiver et ouverts en été.

Les fourgons BB peuvent, les jours de grande affluence, être occupés par des voyageurs debout

TRAMWAY DE BANLIEUE, SYSTÈME ROWAN. (Echelle 1/120.)

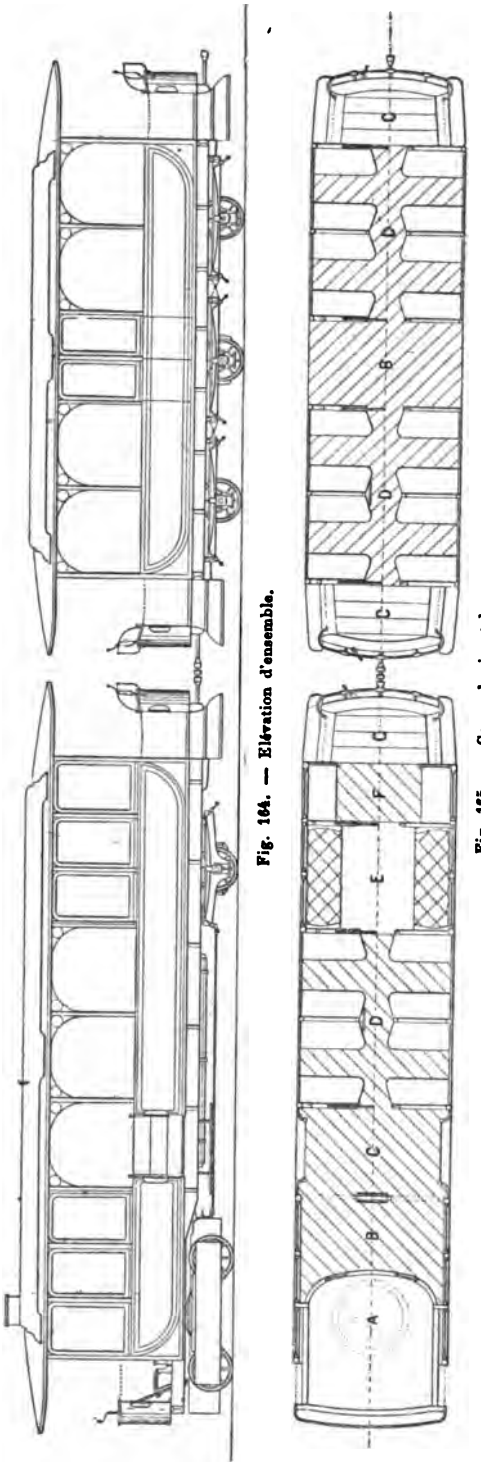


Fig. 164. — Elévation d'ensemble.

Fig. 165. — Coupe horizontale.

A Compartiment de la machine. — BB Compartiments pour colis. — CCCC Plateformes. — DDD Coupés de seconde classe.
E Coupé de première classe. — F Coupé de première classe (fumeurs).

Ces jours-là, le train peut transporter 120 voyageurs ; les jours ordinaires, il n'en contient que 90, avec 8^{m2} de surface pour les marchandises.

Le poids mort du train (sur une ligne à voie normale), avec un moteur pouvant développer 1 250 kilogr. d'effort de traction, est de 16 000 kilogr. environ, soit, pour 120 places, 30 kilogr. par voyageur et, pour 90 places, 177 kilogr. par voyageur.

Ce train peut gravir des rampes de $40^{m}/^{m}$ et passer dans des courbes de 15 mètres de rayon.

Sa longueur totale est de 19 mètres et sa largeur de $2^{m}15$.

Le même système peut également être employé pour desservir des tramways, auxquels le nom de *régionaux* conviendrait assez bien, c'est-à-dire ceux qui sont construits entièrement en dehors des villes et dont la longueur de parcours est assez considérable. M. Rowan donne à cet égard des renseignements intéressants sur plusieurs lignes établies et exploitées en Scandinavie d'après ce système. Nous renvoyons à sa brochure le lecteur désireux d'avoir des détails à ce sujet.

Disons seulement que, d'après cet ingénieur, les trains pour lignes à voie normale formés d'une voiture à vapeur, portée sur deux bogies, et d'une deuxième voiture, montée sur 3 essieux à système radial, passent facilement dans des courbes de 40 et même de 30 mètres de rayon.

La voiture à vapeur pèse dans ce cas 14 000 kilogr. à vide et 20 000 kilogr. en charge, ainsi répartis : 13 000 kilogr. sur le bogie d'avant et 7 000 sur celui d'arrière.

Le train composé comme il vient d'être dit, et dans lequel la deuxième voiture peut être remplacée par un wagon d'un poids brut de 3 500 kilogr., portant 9 tonnes, monte facilement des rampes de 50^{mm}.

M. Rowan ajoute qu'il a vu exécuter en Scandinavie, suivant ces principes, des lignes à voie normale à travers champs, avec rampes maxima de $70^{m}/^{m}$, dont la dépense d'établissement n'a pas dépassé 25 000 fr. par kilomètre, non compris le matériel roulant.

Ces résultats s'appliquent d'ailleurs seulement aux terrains peu accidentés ; dans de tels terrains l'adoption du système tramway, c'est-à-dire l'emploi de trains pouvant gravir de fortes rampes, par suite d'un rapport élevé entre l'adhérence et le poids, et passer dans des courbes à faible rayon, grâce au système des bogies, présente de grands avantages au point de vue de la construction.

Dans des pays très accidentés, la voie étroite reprendrait sa supériorité au point de vue de l'établissement économique de la ligne.

CHAPITRE IV

RÉSUMÉ DES DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT D'UN CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

§ I. — Lignes à voie de 1 mètre. — Dépense du matériel roulant. Dépense d'établissement d'un chemin de fer. — Exemples.
§ II. — Lignes à voie de 0m 60. — Dépense du matériel roulant. Dépense d'établissement d'un chemin de fer. — Exemples.

§ 1er. — Lignes à voie de 1 mètre.

Dépense du matériel roulant. — D'après les documents recueillis par M. Sampité[1], voici quels sont les prix élémentaires d'acquisition du matériel roulant sur la ligne, à voie de 1 mètre, d'Anvin à Calais.

Locomotives, de 18t 1/2 à vide	32 375f
Voitures à bogies (56 places)	8 000f
Voitures mixtes, 1re et 2e classes (22 places)	5 725f
— 1re, 2e et 3e classes (19 places)	5 000f
Voitures de 3e classe (24 places)	3 650f
Fourgons à bagages, portant 8 000 kilogr	3 650f
Wagons couverts —	2 350f
Wagons-tombereaux —	2 000f
Wagons-plateformes —	1 575f
Wagons à bois —	1 700f
Wagons à ballast —	1 123f

La dépense totale d'acquisition du matériel est de 806 040 fr., soit 8 575 fr. par kilomètre. Le service comporte depuis 2 jusqu'à 8 trains dans chaque sens, suivant les sections de la ligne.

1. Les chemins de fer à faible trafic en France.

D'une manière générale, on calcule les prix du matériel roulant en admettant les bases suivantes :

Les locomotives coûtent 1 fr. 50 à 2 fr. par kilogramme de leur poids à vide ; les tenders, 1 fr. le kilogramme.

Le matériel à marchandises, porté sur deux essieux, s'évalue aux prix suivants :

Fourgons.....	3 400 à 4 000 f
Wagons couverts.....	2 000 à 2 800 f
Wagons découverts....	1 500 à 2 000 f

Le matériel à voyageurs est plus difficile à évaluer, en raison des dispositions variées qu'il comporte. On peut admettre, en moyenne, une dépense de 5 000 fr. pour 20 places.

Calculée d'après ces bases, la valeur du matériel roulant nécessaire à l'exploitation des lignes à voie de 1 mètre s'évalue, au minimum, à un chiffre de 8 000 à 10 000 fr. par kilomètre. Elle varie nécessairement avec le trafic et augmente beaucoup avec lui ; le chiffre indiqué ci-dessus est un minimum qui convient à une exploitation avec 3 trains dans chaque sens.

Sur les tramways, où l'on peut se contenter d'un matériel plus léger et moins confortable, on admet un chiffre minimum de 6 000 à 8 000 fr. par kilomètre.

Dépense d'établissement d'un chemin de fer. — Dès lors, les dépenses d'établissement des lignes à voie de 1 mètre peuvent être évaluées moyennement de la manière suivante, en tenant compte des chiffres que nous avons donnés précédemment pour l'infrastructure et la superstructure :

	Ligne à travers champs.	Tramway.
Infrastructure.....	30 000 f	15 000 f
Superstructure.....	30 000 f	20 000 f
Matériel roulant.....	9 000 f	7 000 f
Totaux.....	69 000 f	42 000 f

A ces chiffres, il y a lieu d'ajouter les intérêts des capitaux pendant la construction ; on peut les évaluer à 8 °/₀ dans le premier cas et à 6 °/₀ dans le second. On a ainsi :

	Ligne à travers champs.	Tramway.
Dépenses d'établissement.....	69 000 f	42 000 f
Intérêts pendant la construction.....	5 520 f	2 520 f
Totaux.....	74 520 f	44 520 f
Soit, en nombres ronds.....	75 000 f	45 000 f

Comme exemples à l'appui du premier chiffre, nous pouvons citer les prix de revient des lignes de Hermes à Beaumont et d'Anvin à Calais, qui se sont élevés respectivement à 76 000 fr. et 76 580 fr. par kilomètre, savoir :

LIGNE DE HERMES A BEAUMONT (32 kilomètres).

Construction de la ligne	1 944 306f 23
Matériel et mobilier	379 220f 20
Intérêts pendant la construction	91 451f 87
TOTAL	2 414 978f 30
Soit par kilomètre	76 000f

LIGNE D'ANVIN A CALAIS (94 kilomètres).

	Pour la ligne entière.	Par kilomètre.
Frais généraux et intérêts des capitaux	1 158 235f	12 321f 68
Acquisition des terrains	1 815 980f	19 318f 93
Terrassements et ouvrages d'art	1 170 046f	12 447f 29
Bâtiments des stations et ateliers	373 250f	3 970f 74
Matériel de voie, pose de voie, télégraphe	1 830 424f	19 472f 59
Matériel roulant	806 040f	8 574f 89
Mobilier	44 625f	474f 73
TOTAUX	7 198 600f	76 580f 85

En ce qui concerne les tramways, les documents précis font un peu défaut. Cela tient à ce que, jusqu'à présent, les concessions stipulent généralement une somme à forfait, soit pour l'ensemble de la ligne, soit pour la superstructure et le matériel roulant, de sorte qu'il est assez difficile de connaître la dépense réelle d'établissement. Voici cependant quelques indications à cet égard :

La ligne du Mans au Grand-Lucé a été établie dans les conditions suivantes : le département a construit directement la plateforme et le concessionnaire s'est chargé d'exécuter la superstructure et de fournir le matériel roulant, moyennant un prix forfaitaire de 29 500 fr. par kilomètre. Le prix de revient de l'infrastructure s'étant élevé à 15 000 fr. environ, il en résulte, pour la dépense kilométrique du chemin, un total de 44 500 fr.

Les tramways de Loir-et-Cher ont été construits moyennant un prix forfaitaire de 40 000 fr. par kilomètre payé par le département au concessionnaire, qui s'est chargé de tous les travaux de terrassements, ouvrages d'art et divers, y compris l'appropriation du sol des routes, ainsi que de ceux de superstructure et de la fourniture du matériel roulant. Il faut remarquer, d'une part, que le pays traversé est très plat, et, d'autre part, que le tracé des

lignes emprunte les routes et chemins sur la plus grande partie de sa longueur. Le concessionnaire est, en outre, chargé à ses risques et périls de l'exploitation pendant 50 ans.

En somme, on peut admettre que, dans des conditions moyennes, la dépense d'établissement d'un tramway à voie de 1 mètre ne dépassera pas 45 000 fr. par kilomètre.

Il est essentiel de remarquer que les chiffres ci-dessus ne doivent être considérés que comme des moyennes, s'appliquant à des lignes de difficultés ordinaires; ces chiffres pourraient être considérablement dépassés, s'il s'agissait de construire un chemin de fer en pays très accidenté; par contre, dans un pays facile, le prix de revient peut descendre bien au dessous de ces chiffres.

C'est ainsi que la ligne de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure (Isère) a coûté 360 000 fr. par kilomètre, que les chemins de fer de la Corse en ont coûté 250 000, tandis qu'en pays facile, on établit couramment une ligne à travers champs moyennant 60 000 fr. par kilomètre.

§ II. — Lignes à voie de 0m 60.

Dépense du matériel roulant. — Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le faire remarquer, la dépense du matériel roulant est sensiblement plus élevée sur les lignes à voie de 0m 60 que sur les lignes à voie de 1 mètre, à capacité égale de tonnage.

Voici les prix unitaires du matériel dont nous avons donné la description :

LOCOMOTIVES	
Machine de 7t 200	16 500f
Machine de 10 tonnes	23 000f
Machine Mallet de 9 tonnes	26 500f
Machine Péchot-Bourdon de 10t 50	29 000f
MATÉRIEL A VOYAGEURS. MATÉRIEL ARTICULÉ	
Voiture d'été à 56 places, dont 8 debout	2 950f
Voiture fermée à 40 places, dont 12 debout sur les plateformes	6 800f
MATÉRIEL RIGIDE	
Voiture fermée à 12 places	4 450f
Voiture de tramway, fermée, à 16 places (1re classe)	4 500f
Fourgon à bagages	2 330f
MATÉRIEL A MARCHANDISES (ARTICULÉ)	
Wagon plat, à hausses mobiles, portant 10 tonnes	2 690f
Wagon fermé, portant 10 tonnes	3 130f
Wagon pour le transport des chevaux (10 tonnes)	3 200f

Dans ces conditions, à tonnage égal, on doit admettre, sur les lignes à voie de $0^m 60$, un chiffre kilométrique de matériel roulant au moins égal, sinon supérieur, à celui de la voie de 1 mètre, soit 10 000 fr. pour les lignes à travers champs, et 8 000 fr. pour les tramways.

Dépense d'établissement d'un chemin de fer. — En tenant compte des chiffres précédemment donnés pour la plateforme et la superstructure, on arrive aux chiffres suivants, pour des lignes à voie de $0^m 60$ établies dans des conditions moyennes de difficultés.

	Ligne à travers champs.	Tramway.
Infrastructure	15 000 f	7 000 f
Superstructure	31 000 f	21 000 f
Matériel roulant	10 000 f	8 000 f
Totaux	56 000 f	36 000 f

Nota. — La ligne est supposée établie en rails de 12 kilogr. au mètre courant.

Si l'on ajoute à ces chiffres les intérêts des capitaux pendant la période de construction, intérêts qu'on peut calculer à 7 °/₀ dans le premier cas, et à 5 °/₀ dans le second, on arrive aux chiffres suivants :

	Ligne à travers champs.	Tramway.
Dépense d'établissement	56 000 f	36 000 f
Intérêts pendant la construction	3 920 f	1 800 f
Totaux	59 920 f	37 800 f
Soit, en nombres ronds	60 000 f	38 000 f

Si l'on avait supposé la ligne établie en rails de $9^k 500$ au mètre courant, ce qui pourrait être suffisant pour certaines petites lignes agricoles, les prix ci-dessus auraient été respectivement réduits à 55 000 fr. pour la ligne à travers champs, et à 34 000 fr. pour le tramway.

Nous répétons encore une fois que ces chiffres ne sont que des moyennes et que l'on pourrait trouver des résultats fort différents suivant les difficultés présentées par le terrain et la manière dont la ligne est armée; c'est ainsi que la ligne du Festiniog, établie dans un pays tourmenté et avec des rails de 24 kilogr., a coûté 165 000 fr. par kilomètre, tandis que le tramway de Pithiviers à Toury, construit dans un pays plat, paraît n'être revenu qu'à 25 000 fr., y compris le matériel roulant. D'après les renseignements fournis par le service de la construction de cette ligne, le chiffre ci-dessus est sujet à varier, car les dépenses ne sont pas définitivement réglées. Il y a lieu de remarquer, en outre, que le matériel roulant ne figure dans ce chiffre que pour 5 300 fr. environ, chiffre très inférieur à celui que nous considérons comme un minimum nécessaire pour l'exploitation.

LIVRE CINQUIÈME

EXPLOITATION

CHAPITRE PREMIER

EXPLOITATION TECHNIQUE

Organisation des services. — Entretien de la voie. — Traction. — Mouvement et service des gares. Le service des marchandises sur les tramways. L'exploitation des gares de transbordement. Vitesse des trains. — Dépenses de l'exploitation. — Le service du contrôle.

Les chemins de fer à voie étroite étant nécessairement des chemins à faible trafic, la règle de leur exploitation doit être : simplification dans les services et économie dans les dépenses.

Voici quelques indications sur l'organisation des différents services et sur les dépenses auxquelles elles donnent lieu sur un certain nombre de lignes d'intérêt local[1].

Organisation des services. — Contrairement à ce qui se passe sur les grands réseaux, le meilleur mode d'organisation des services sur les petites lignes consiste à les concentrer tous dans la main d'un seul chef d'exploitation, ingénieur ou directeur, qui peut ainsi faire concourir à un but commun l'ensemble de son personnel de la voie, de la traction et de l'exploitation proprement dite.

La division de ces trois grandes branches de l'administration d'un chemin de fer, qui se justifie sur les grands réseaux par l'importance que présente chacune d'elles, a, sur les petites lignes, l'inconvénient d'exiger un personnel considérable, incompatible avec une exploitation économique. Au contraire, en concentrant les trois services dans la main du directeur, on

1. V. *Sampité*. — Ouvrage cité.

peut plus facilement utiliser un personnel restreint, en l'employant suivant les besoins que peuvent présenter les différentes branches de l'administration de la ligne.

C'est d'après ce système que sont exploitées les lignes secondaires en Allemagne, principalement celles de la Saxe et de la Bavière, et en Italie, où ce mode d'exploitation adopté est caractérisé par le nom de « *système de la concentration des services et de l'indépendance des lignes* ». Chaque ligne forme un groupe distinct et son exploitation est dirigée par un ingénieur, chargé à la fois des trois services.

Les résultats obtenus en Allemagne par l'adoption de ces mesures sont remarquables : les dépenses de personnel, qui s'élevaient autrefois sur les lignes secondaires de la Bavière à 68 °/₀ de la dépense totale, sont aujourd'hui réduites à 35 °/₀ et même, sur quelques lignes, à 30 °/₀.

La concentration des services est également adoptée en France, d'une manière plus ou moins complète, sur un certain nombre de lignes d'intérêt local à voie normale, où elle permet une exploitation économique; on la retrouve également sur les lignes à voie étroite de Hermes à Beaumont, d'Anvin à Calais, de Valmondois à Epiais-Rhus et sur les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher. Elle est donc particulièrement à recommander pour l'exploitation des petites lignes.

Entretien de la voie. — Si l'on suppose la voie solidement établie, avec un ballast bien perméable, des rails en acier et des traverses de bonne qualité, son entretien demandera, en général, peu de main-d'œuvre et les cantonniers qui en seront chargés pourront, en même temps, assurer celui des bâtiments et être employés aux manutentions dans les gares. L'importance du personnel d'entretien variera nécessairement avec le nombre des trains qui parcourent la ligne journellement.

Sur la ligne de Hermes à Beaumont, il est de deux agents pour 5 kilomètres (8 trains par jour); dépense kilométrique annuelle : 430 fr.

Sur Anvin-Calais : un homme pour 2 à 3 kilomètres (2 trains sur la plus grande partie du parcours); dépense : 570 fr.

Sur le réseau d'Indre-et-Loire : un homme pour 2 à 3 kilomètres (3 à 4 trains); dépense : 650 fr.

Sur ces deux dernières lignes, les frais d'entretien sont un peu augmentés par la raideur des courbes.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, dont le développement total est de 110 kilomètres, l'entretien de la voie est fait par neuf équipes placées sous les ordres de deux chefs de district. Chaque équipe est chargée d'un canton, dont la longueur est de 12 kilomètres en moyenne. Une équipe se compose

d'un chef et d'un nombre d'hommes variable suivant les saisons. Les chefs de district et d'équipe sont employés à l'année et ont des appointements fixes : les hommes d'équipe sont payés à l'heure. On compte en moyenne quatre hommes par équipe, soit un homme pour 3 kilomètres. La dépense kilométrique annuelle ressort, d'après ces bases, à 360 fr. environ, y compris l'entretien des bâtiments, cours, clôtures, etc. ; il ne paraît pas possible de descendre au dessous de ce chiffre.

Traction. — L'organisation adoptée en France sur la plupart des lignes de chemin de fer pour la conduite des machines se rapporte au système, dit de l'*équipe unique*, dans lequel un mécanicien et un chauffeur sont attachés à une seule machine, toujours la même; quand ces deux agents ont fini leur service, la machine rentre au dépôt avec eux, pour n'en ressortir que lorsque ces mêmes agents reprennent leur service.

Dans d'autres pays, au contraire, en Amérique par exemple, les machines continuent leur service en changeant de mécanicien et de chauffeur ; elles ne rentrent au dépôt que pour être nettoyées, lavées ou réparées. Les équipes qui montent sur une même machine se succèdent d'après un roulement déterminé ; c'est ce qu'on appelle le système de l'*équipe banale*.

Ces deux systèmes ont leurs partisans et leurs adversaires. On fait valoir, en faveur de l'équipe unique, que le mécanicien, qui conduit toujours la même machine, la soigne davantage, la connaît mieux et lui fait produire plus de travail, et qu'en outre, on peut rendre le mécanicien responsable de l'entretien de sa machine et des avaries qu'elle subit par suite de négligence, inattention, etc. En revanche, on objecte, en faveur de l'équipe banale, une meilleure utilisation du matériel moteur et, par suite, une réduction du nombre des machines nécessaires pour l'exploitation d'une même ligne. Le parcours annuel des locomotives étant, dans ce système, plus élevé que dans le précédent, celles-ci s'usent plus promptement, de sorte que le matériel peut être plus facilement muni des divers perfectionnements qui se produisent dans la construction des machines.

Quoi qu'il en soit de la supériorité de l'un des deux systèmes sur l'autre, on a généralement renoncé, en France et en Europe, sur tous les chemins de fer à voie étroite, à l'emploi du roulement proprement dit, ou de l'équipe banale. Le service de la traction n'y présente pas, d'ailleurs, de particularités bien remarquables. Les alimentations sont faites, sur quelques-uns d'entre eux, au pulsomètre, dont les avantages ont été indiqués précédemment.

En vertu de l'article 18 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, toute machine doit être conduite par deux agents, un mécanicien et un chauffeur; toutefois, aux termes du décret du 9 mars 1889 dont nous avons déjà parlé et

qui a réglementé les trains dits *légers*, le chauffeur peut être supprimé sur lesdits trains, lorsque tous les véhicules à voyageurs sont munis du frein continu et sous réserve que le conducteur chef du train se tiendra habituellement, soit sur la machine, soit dans la première voiture du train, qu'il pourra, dans tous les cas, accéder facilement à la machine et qu'il sera en état de l'arrêter au besoin.

Cette prescription démontre une fois de plus la grande utilité qu'il y a à munir du frein continu le matériel des lignes à voie étroite, puisqu'on peut ainsi supprimer un agent sur la machine et réduire d'autant la dépense d'exploitation.

La consommation des machines en eau et en charbon varie suivant le travail qu'elles ont à accomplir ; on peut évaluer la première à un chiffre moyen de 50^k d'eau par tonne de résistance du train et par kilomètre, ce qui représente $13^k 7$ par cheval et par heure. Ce chiffre n'est d'ailleurs qu'une moyenne et peut descendre jusqu'à 10^k pour les machines nouvelles à haute pression.

Quant à la consommation en combustible, elle peut être évaluée au $\frac{1}{8}$ environ de la consommation en eau, si le combustible est de très bonne qualité et au $\frac{1}{6}$, s'il est de qualité ordinaire. On consomme donc de 6 à 8^k de charbon par tonne de résistance du train et par kilomètre.

Les dépenses annuelles de traction, par kilomètre de ligne, varient depuis 740 fr., sur la ligne d'Anvin à Calais, jusqu'à 1 100 fr. sur celle de Hermes à Beaumont et 1 200 fr. sur celles d'Indre-et-Loire. Il convient de remarquer que, sur ces dernières lignes, les machines sont mal utilisées, en raison des trains multipliés et des faibles parcours.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, les dépenses de la traction sont cumulées avec celles du mouvement, à cause du mode d'exploitation employé ; ces dépenses peuvent être évaluées à 1 100 fr. par kilomètre environ, y compris l'entretien du matériel moteur et roulant.

Mouvement et service des gares. — La diminution des dépenses peut être obtenue, à ce point de vue, en réduisant, soit le personnel des gares, soit celui des trains. Mais il est difficile de réaliser à la fois les deux réductions, sauf lorsque le trafic est extrêmement faible.

On ne saurait, dans tous les cas, établir de règle générale. Avec des stations bien aménagées, dans lesquelles les voies accessoires sont courtes et bien reliées par aiguilles aux voies principales, de manière à permettre l'exécution des manœuvres à la machine pour les trains circulant dans les deux sens ; avec une halle à marchandises très voisine du bâtiment

des voyageurs, ou même accolée à ce dernier, on pourra, en général, assurer le service de la station par un seul agent, celui-ci pouvant d'ailleurs recourir au personnel des équipes de la voie, lorsque la nécessité s'en fera sentir.

Il faut d'ailleurs, pour parvenir à ce résultat, que l'agent unique de la station n'ait pas à s'occuper du service télégraphique, ce qui conduit à supprimer complètement la demande de voie pour les trains réguliers, préalablement à leur mise en marche. Cette formalité, d'une utilité très contestable sur les grandes lignes, serait une complication extrême sur les petites lignes à voie étroite ; elle est, en fait, très peu employée.

Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, d'ailleurs, le télégraphe est de plus en plus remplacé par le téléphone sur les lignes d'intérêt local, lorsqu'il est nécessaire d'assurer une communication des gares entre elles; l'emploi du téléphone présente de grands avantages et nous croyons qu'il est appelé à se généraliser absolument.

Sur les tramways de Loir-et-Cher et de la Sarthe, aucune communication télégraphique ou téléphonique n'existe entre les gares, puisqu'il n'y a pas de bâtiment ni de personnel permanent; le service se fait cependant d'une manière satisfaisante et il n'est résulté jusqu'à présent de cette situation aucun inconvénient, en raison de la faible vitesse des trains et de la rareté des détresses de machines.

En ce qui concerne le service des trains, la réduction du personnel est possible en adoptant le système des trains dits *légers*, au sujet desquels le décret du 9 mars 1889 s'exprime ainsi qu'il suit :

Art. 1er. — Le ministre des travaux publics peut autoriser la mise en circulation de trains dits légers, sous les conditions déterminées par le présent décret.

Art. 2. — Les trains légers sont ceux dont les véhicules sont portés sur seize essieux au plus; ils peuvent être remorqués, soit par une locomotive, soit par un moteur contenu dans un de ces véhicules; dans ce dernier cas, les essieux de la voiture motrice comptent dans le nombre de seize.

Art. 3. — Pour tous les trains légers, les Compagnies de chemins de fer sont dispensées de l'obligation, prévue par l'article 20 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, d'interposer un fourgon ou une voiture ne portant pas de voyageurs entre le moteur et la première voiture à voyageurs.

Art. 4. — Pour les trains légers dont tous les véhicules à voyageurs sont munis du frein continu, le ministre des travaux publics peut autoriser la suppression du chauffeur, prévu par l'article 18 de la même ordonnance, sous la réserve que le conducteur-chef du train se tiendra habituellement, soit sur la machine, soit dans la première voiture du train; qu'il pourra, dans tous les cas, accéder facilement à la machine et qu'il sera en état de l'arrêter en cas de besoin.

Lorsque les véhicules à voyageurs et à marchandises dont se compose un train léger sont tous munis de freins continus, le ministre peut, en outre, autoriser la

suppression de l'obligation, imposée par le même article 18, d'avoir sur le dernier véhicule ou sur l'un des derniers véhicules un conducteur spécial chargé de la manœuvre du frein.

On voit que l'adoption des trains légers présente de grandes facilités pour l'exploitation économique de petites lignes, à la condition que tout le matériel roulant soit muni du frein continu. Il est donc extrêmement important d'avoir ce système de frein.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, où le personnel des gares n'existe pas, à proprement parler, le service des trains est fait par quatre agents, savoir : un mécanicien, un chauffeur, un conducteur chef et un serre-frein. Mais il faut remarquer que ce personnel est chargé de faire tout le service, celui de la distribution des billets, celui des bagages et la manutention des marchandises dans les gares. L'installation du frein continu sur tout le matériel à voyageurs permet, néanmoins, la suppression du serre-frein et par suite, une réduction du personnel et de la dépense d'exploitation.

Le service des marchandises sur les tramways. — Il nous paraît intéressant, à ce propos, de faire connaître de quelle manière est assuré le service de l'expédition et de la livraison des marchandises sur les tramways, où il n'existe pas de personnel permanent dans les stations. Voici comment on procède en Loir-et-Cher :

A Blois, la Compagnie possède des bâtiments et un personnel dans chacune des gares de tête de ses deux lignes ; le service est donc fait comme dans toutes les gares de chemins de fer.

Dans les stations intermédiaires, la Compagnie n'a pas de personnel à demeure, mais un habitant de la localité, résidant généralement à proximité de la station, et agréé par la Compagnie, vient aux heures de passage des trains, soit au moins six fois par jour, pour expédier ou recevoir les colis, dont il est dépositaire responsable.

En ce qui concerne les expéditions, il y a plusieurs cas à distinguer, suivant qu'elles sont faites en port payé, en port dû, en détail ou par wagon complet.

Pour les marchandises P. V. par wagon complet, les expéditeurs font préalablement la demande des wagons qui leur sont nécessaires. Cette demande est produite, au gré du commerce, soit par l'intermédiaire du correspondant, soit par une lettre envoyée directement à la gare de Blois. Les wagons demandés sont laissés dans la station à la disposition de l'expéditeur, lequel, après chargement, donne au correspondant sa déclaration d'expédition.

Les marchandises de détail P. V. sont apportées à la station par les expéditeurs et la déclaration d'expédition remise au correspondant, soit à la sta-

tion, soit chez lui. Ce dernier, après avoir reconnu la marchandise, l'accepte et l'enferme, soit chez lui, soit dans la petite guérite qui se trouve dans toutes les stations, si le poids n'en est pas considérable ; dans le cas contraire, il la recouvre d'une bâche, si cela est nécessaire, et exerce sur elle une surveillance jusqu'au passage du train qui doit l'emporter. Le correspondant remet ses déclarations au conducteur du train, qui, après reconnaissance, en prend charge ou oppose un refus motivé.

En pratique, la marchandise P. V. est toujours expédiée en port dû ; la marchandise G. V. ne comporte que des denrées, généralement expédiées aussi en port dû. Si par hasard, il s'en présentait en port payé, le correspondant demanderait une provision à l'expéditeur.

En prenant la marchandise, le conducteur crée un titre, au moyen d'un carnet contenant souche, feuille de route et volant, pour le correspondant de la station destinataire. Ce titre porte le nom de l'expéditeur, le nom et l'adresse du destinataire, la nature de la marchandise, son poids constaté, soit au départ, soit à l'arrivée, par pesage ou feuille de régie ou connaissance des poids courants, tels que fûts, sacs de céréales, etc. ; ce titre porte enfin le montant de la taxe appliquée.

En ce qui concerne les livraisons, lorsque la marchandise arrive à une station intermédiaire, elle est remise au correspondant avec le volant dont il est parlé plus haut. Le correspondant en donne décharge au conducteur en signant au dos de la feuille de route et il la remet au destinataire, s'il est présent, contre payement du port dû et sa signature au dos du volant. Si le destinataire n'est pas présent, le correspondant l'avise par lettre, à moins qu'il n'ait reçu de lui l'ordre d'opérer la livraison à son domicile. Quand il n'a pas d'ordre de ce genre, il conserve la marchandise, en exerçant la même surveillance que pour les expéditions, jusqu'à la venue du destinataire ou l'exécution de ses ordres.

A moins que le destinataire ne soit dans le train, on ne fait pas d'arrivages de marchandises de détail ayant une certaine valeur par les trains du soir, afin que ces marchandises n'aient pas à passer la nuit dans des stations non fermées.

Quand il s'agit de wagons complets, contenant des marchandises de valeur, ils sont cadenassés la nuit.

Quant au délai de livraison, la Compagnie peut, d'après l'article 30 de son cahier des charges, ne mettre les colis à la disposition des destinataires que le lendemain du jour de leur arrivée en gare ; en général, elle ne profite pas de ce délai et met les colis à la disposition des destinataires le jour même de leur arrivée.

Ces explications font voir comment on peut, sans difficulté, assurer le service des marchandises sur des lignes qui ne comportent ni chefs de station, ni bâtiments proprement dits; quant au service des voyageurs, il se fait au moyen de la distribution des billets dans les trains par le conducteur, qui doit les détacher d'un carnet à souche sous les yeux mêmes des voyageurs.

Ce mode d'exploitation, très simple et économique, ne diffère pas beaucoup de celui qui est indiqué par M. Rowan[1] comme étant employé sur les tramways scandinaves. Mais l'originalité de l'exploitation, sur ces derniers, consiste en ce qu'aucun payement ne se fait en espèces, mais seulement en timbres spéciaux, émis par la Compagnie.

Ces timbres ont une valeur qui varie depuis 10 centimes jusqu'à 20 fr. Ils sont vendus par la station principale, soit aux stations intermédiaires, soit aux agents dans les villages, soit directement aux clients. L'expédition des marchandises se fait au moyen de lettres de voitures imprimées en deux moitiés semblables, dont l'une reste entre les mains de l'expéditeur et l'autre est remise à la femme chef de station, qui l'adresse par le premier train à la station centrale, chargée de toute la comptabilité. Quant à l'expéditeur, s'il veut affranchir son envoi, il colle des timbres représentant la somme à payer au dos de sa demi-lettre de voiture et l'envoie par la poste au destinataire. Si l'envoi est fait en port dû, c'est ce dernier, au contraire, qui devra apposer les timbres sur cette même demi-lettre; car le chef de station ne délivre les marchandises que contre la remise de la seconde moitié de la lettre de voiture régulièrement affranchie.

Tout colis déposé à une station est immédiatement expédié, affranchi ou non, pourvu que l'une des moitiés de la lettre de voiture correspondante soit remise au chef de station et que le poids y soit indiqué. Dans les hangars des stations, une balance est à la disposition du public.

A l'arrivée à destination, après vérification de l'exactitude du prix de transport, la femme chef de station oblitère les timbres avec un tampon spécial et elle envoie la seconde moitié de la lettre de voiture à la station centrale, où la première est déjà arrivée et où se font les opérations de contrôle.

L'exploitation des gares de transbordement. — Nous avons montré précédemment comment on peut organiser les voies, les quais et les installations diverses dans les gares de jonction des lignes à voie étroite avec celles des grands réseaux; il nous reste à donner quelques renseignements sur l'exploitation de ces gares.

Lorsque les installations de la petite et de la grande voie sont complète-

1. La traction économique pour tramways.

ment distinctes, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a aucune communauté de service dans la gare, chaque compagnie est généralement chargée de faire les manœuvres avec son matériel, ainsi que le chargement et le déchargement des marchandises qu'elle transporte. Dans d'autres cas, il existe des installations communes aux deux lignes et l'une des compagnies, celle à qui appartient la gare, se charge habituellement de toutes les manœuvres dans l'intérieur de cette gare. C'est le cas pour la station de Lamotte-Beuvron (Loir-et-Cher), dont nous avons fait précédemment connaître les installations.

La Compagnie des tramways de Loir-et-Cher s'est entendue avec celle d'Orléans pour régler les conditions dans lesquelles se ferait l'échange des marchandises entre les deux lignes, et cette dernière se charge d'effectuer, pour le compte des deux compagnies, les opérations de transbordement.

Nous reproduisons ci-dessous les dispositions du traité intervenu, en faisant remarquer que ce traité a le caractère d'un arrangement intérieur entre deux compagnies et qu'il n'a pas, pour ce motif, reçu la sanction de l'approbation ministérielle.

Arrangement entre la Compagnie d'Orléans et la Compagnie des Tramways de Loir-et-Cher pour l'échange du trafic de petite vitesse entre leurs gares à Lamotte-Beuvron.

Entre les soussignés :

M. Heurteau, Directeur de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans, dont le siège est à Paris, place Walhubert, n° 1, agissant pour et au nom de celle-ci,

d'une part;

Et M. Faliès, Administrateur délégué de la Compagnie des Tramways de Loir-et-Cher, dont le siège est à Paris, 60, rue de Provence, agissant pour le compte de ladite Compagnie,

d'autre part;

Il a été dit et convenu ce qui suit :

La Compagnie des Tramways de Loir-et-Cher est concessionnaire de la ligne d'intérêt local à voie étroite de Lamotte-Beuvron à Blois. Elle possède à Lamotte-Beuvron une gare distincte qu'elle propose de relier à celle de la Compagnie d'Orléans pour la transmission des marchandises de petite vitesse définies à l'art. 3 ci-après.

A cet effet, la petite ligne pénétrerait dans la cour des marchandises (Orléans) située du côté opposé du bâtiment des voyageurs. Il s'en détacherait deux voies étroites venant longer, l'une, la voie des marchandises de la Compagnie d'Orléans, l'autre, le quai découvert de cette Compagnie. La première de ces deux voies

servirait aux transbordements de wagon à wagon, la seconde aux transbordements par quai.

La Compagnie des Tramways de Loir-et-Cher demande à la Compagnie d'Orléans de régler d'un commun accord les conditions dans lesquelles doit se faire l'échange des marchandises entre les deux lignes à Lamotte-Beuvron. Elle lui demande, en outre, d'effectuer pour le compte des deux Compagnies les opérations de transbordement mentionnées ci-dessus.

La Compagnie d'Orléans ayant accédé à ces demandes, les deux Compagnies se sont mises d'accord sur les dispositions suivantes :

Article premier

Les aménagements que nécessitera le service d'échange seront à la charge de la Compagnie des Tramways de Loir-et-Cher, de même que toutes les modifications qui pourraient être jugées ultérieurement utiles, notamment à l'occasion de travaux d'agrandissement projetés dans la gare de la Compagnie d'Orléans.

Dans la limite des emprises de la gare P. O., ils seront exécutés par les soins de la Compagnie d'Orléans, sauf l'établissement des voies étroites, qui sera fait par les soins de la Compagnie des Tramways.

En dehors de cette limite, ils seront exécutés par les soins de la Compagnie des Tramways, qui obtiendra les autorisations nécessaires.

Article 2.

La barrière à établir dans la clôture du chemin de fer d'Orléans, pour le passage de la voie étroite, sera, en principe, fermée à clef; les clefs resteront entre les mains des agents de la Compagnie d'Orléans.

Les frais annuels de manœuvre de la barrière et ceux de la surveillance, dans la gare de la Compagnie d'Orléans, donneront lieu au payement d'une redevance à cette Compagnie par celle des Tramways.

Cette redevance est fixée à soixante francs (60 fr.) par an, payables à raison de trente francs par semestre.

Article 3.

Les marchandises seront échangées aux quais ou sur les voies spéciales de transbordement, établis dans la gare des marchandises de la Compagnie d'Orléans, ainsi qu'il est dit ci-dessus.

Il en sera de même pour les chevaux, les animaux, les voitures et les cercueils.

La traction des wagons pleins ou vides, de l'une et l'autre Compagnies, entre l'une quelconque des deux gares et les installations de transbordement, sera effectuée par les soins et aux frais de la Compagnie d'Orléans pour la partie du parcours à voie normale, par les soins et aux frais de la Compagnie des Tramways pour le surplus du parcours.

Les opérations de déchargement et de rechargement, dont l'ensemble constitue le transbordement, seront effectuées par la Compagnie d'Orléans pour le compte des deux réseaux.

La Compagnie d'Orléans percevra, pour le transport sur ses rails des marchandises ainsi échangées, les taxes résultant de ses tarifs.

Elle percevra également la moitié de la taxe de transmission fixée par les arrêtés ministériels en vigueur.

Elle recevra, en outre, de la Compagnie des Tramways, pour la part de celle-ci dans la dépense des opérations qu'elle effectuera au compte des deux réseaux, la moitié des rémunérations suivantes :

1° Marchandises en général transportées par wagon complet de 4000 kilogr. au minimum ou payant pour ce poids et, exceptionnellement, vins en fûts sans condition de tonnage ..... 0f 60 par 1000k

2° Marchandises sans condition de tonnage, autres que les vins en fûts ..... 0f 80 —

3° Voitures ..... 2f par pièce

4° Bœufs, vaches, taureaux, chevaux, mulets, ânes, poulains, bêtes de trait ..... 1f par tête

5° Veaux et porcs ..... 0,40 —

6° Moutons, brebis, agneaux et chèvres ..... 0,20 —

7° Cercueils ..... 2f par pièce

Les marchandises de détail conduites au transbordement par la Compagnie des tramways devront être réunies dans des wagons collecteurs de cette Compagnie par les soins de celle-ci, de telle sorte que, parmi les différents wagons compris dans une même transmission, il n'y en ait pas plus d'un chargé de moins de 4 tonnes.

Il est entendu, d'ailleurs, que la Compagnie d'Orléans n'aura pas de frais de location de matériel à supporter à raison du séjour, dans sa gare, des wagons de la Compagnie des Tramways.

Article 4.

La reconnaissance contradictoire des marchandises échangées, ainsi qu'il est dit à l'art. 3 ci-dessus, se fera au moment du déchargement des wagons de la Compagnie d'Orléans pour les marchandises en provenance du réseau d'Orléans et au moment de leur chargement dans les wagons de cette Compagnie pour les marchandises à destination de son réseau.

Les opérations de transbordement s'effectuant pour le compte des deux Compagnies, les conséquences des pertes, erreurs, soustractions, avaries ou accidents de toutes natures, qui se produiraient au cours de ces opérations, seront réparties par moitié entre chacune d'elles.

Article 5.

Les dépenses d'entretien des voies et installations affectées au service d'échange seront réparties par moitié entre les deux Compagnies.

Article 6.

Les présents arrangements auront leur effet à partir de la mise en service des installations d'échange. Ils auront une durée ferme de trois ans. Ils pourront être résiliés à toute époque, à la demande de l'une des deux parties et à la charge de prévenir l'autre six mois à l'avance.

ARTICLE 7.

Toutes les difficultés auxquelles pourra donner lieu l'exécution des présents arrangements seront jugées souverainement et sans appel par trois arbitres qui seront désignés d'un commun accord ou, à défaut d'entente, par le Président du Tribunal de la Seine.

ARTICLE 8.

L'enregistrement de la présente convention sera à la charge de celle des parties qui succombera dans la difficulté qui aura rendu cette formalité nécessaire.

Fait double à Paris, le cinq juillet mil huit cent quatre-vingt-douze.

Signé : HEURTEAU. Signé : FALIÈS.

La Compagnie d'Orléans se charge donc de faire toutes les manœuvres de transbordement pour le compte des deux compagnies et elle demande pour cela à la Compagnie d'intérêt local des prix de 0 fr. 30 et 0 fr. 40 par tonne, suivant que les marchandises sont par wagon complet ou en détail; elle prélève, en outre, la moitié de la taxe de transmission, telle qu'elle est fixée par les arrêtés ministériels en vigueur.

Nous reviendrons ultérieurement sur l'application de ces tarifs.

Vitesse des trains. — Sur les lignes à voie étroite, le diamètre des roues motrices des machines est généralement faible et ne dépasse guère 1 mètre; il en résulte que la vitesse de marche des trains est nécessairement peu élevée, le nombre des coups de piston par minute ne pouvant pas dépasser une certaine limite. Elle est également réduite par la présence de rampes assez fortes sur les lignes parcourues.

En fait, la vitesse de marche varie de 25 à 40 kilomètres à l'heure sur les lignes à travers champs; la vitesse dite commerciale, c'est-à-dire le rapport entre la distance totale parcourue et le temps employé à la parcourir, diffère notablement de la précédente, à cause des arrêts dans les stations; elle n'est guère que de 20 à 25 kilomètres à l'heure.

Sur les tramways, où une règlementation ancienne et assurément trop prudente limite à 20 kilomètres à l'heure la vitesse effective des trains dans toutes les parties qui empruntent le sol des routes, la vitesse commerciale n'est guère que de 16 à 18 kilomètres.

Sur les lignes à voie de $0^{m}60$, cette vitesse est encore réduite et ne dépasse guère 15 kilomètres.

Dépense du service du mouvement et du trafic. — Sur les lignes à voie étroite que nous avons déjà citées, les dépenses totales du mouvement et du

trafic, gares et trains, varient depuis 700 fr. par an et par kilomètre (Hermes-Beaumont) jusqu'à 800 à 850 fr. (Anvin-Calais et Indre-et-Loire).

Dépenses de l'exploitation. — Ainsi que nous l'avons déjà fait connaître, l'exemple des lignes à voie étroite exploitées en France depuis un certain nombre d'années montre que les dépenses de l'exploitation peuvent être réduites dans une notable proportion par l'emploi des procédés que nous venons d'indiquer. Le tableau ci-dessous résume les dépenses moyennes et les recettes de l'exploitation pour quelques-unes de ces lignes.

DÉSIGNATION DES LIGNES		LONGUEUR exploitée en 1889.	RECETTES par kilomètre.	DÉPENSES par kilomètre.	COEFFICIENT d'exploitation.
		kil.	fr.	fr.	p. cent.
Société générale des chemins de fer économiques.	Valmondois à Epiais-Rhus	13	2 665	6 087	228
	Moulins à Cosne-sur-l'Œil	57	3 279	3 645	111
	Varennes-sur-Allier à Bézenet	45	2 482	4 061	163
	Bourges à Dun-sur-Auron	34	1 878	3 185	169
	Doullens à Beauquesne, Albert à Ham, Albert à Montdidier	69	4 690	3 420	73
Compagnie des chemins de fer départementaux.	Port-Boulet à Chateaurenault	104	1 312	2 245	172
	La Roche à l'Isle-sur-Serein	75	1 956	2 652	136
	Montereau à Château-Landon	51	3 056	2 951	96
	La Ferté-sous-Jouarre à Montmirail	38	1 847	2 740	148
	Le Grand-Pressigny à Esvres	34	1 875	4 123	336
	Ligueil à Montrésor	27	1 288	2 499	192
Anvin à Calais		94	2 552	2 933	115
Marlieux à Châtillon-sur-Chalaronne (Ain)		11	3 142	2 560	81
Hermes à Beaumont		31	5 069	2 940	58
Cie des tramways de la Sarthe.	Le Mans au Grand-Lucé	31	3 211	2 194	69
	Le Mans à Saint-Denis-d'Orques	47	2 319	2 073	89
Chemins de fer du Cambrésis : Denain au Catelet		24	2 714	2 726	100
Haironville à Triaucourt		61	2 743	2 584	94

Parmi les lignes indiquées ci-dessus, il y en a deux qui sont, en réalité, des tramways, bien que classées comme chemins de fer d'intérêt local ; ce sont celles du Mans au Grand-Lucé et de Haironville à Triaucourt. Leurs dépenses d'exploitation sont, à recette égale, moins élevées que celles des lignes d'intérêt local proprement dites.

Les documents officiels publiés par le Ministère des Travaux publics, auxquels sont empruntés les chiffres qui précèdent, ne donnent pas, pour les lignes classées comme tramways, les recettes et les dépenses d'exploitation.

Voici cependant quelques indications à cet égard.

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR exploitée	RECETTES par kilomètre.	DÉPENSES par kilomètre.	COEFFICIENT d'exploitation.
	kil.	fr.	fr.	p. cent.
Tramways de Cambrai au Cateau (année 1885)	26	5 175	3 816	73
Tramways de Loir-et-Cher (année 1891)	110	1 596	1 880	112
— — (année 1892)	110	1 661	1 950	115

Il est important de remarquer que, lorsqu'on évalue les dépenses d'exploitation d'une ligne récemment construite, on doit tenir compte, non seulement des dépenses réellement payées dans les premières années de l'ouverture de la ligne, mais encore d'une annuité pour le renouvellement du matériel fixe et roulant, qui s'use mais ne se remplace pas dans ces premières années. Les chiffres du tableau qui précède ne comprennent pas cette annuité, qui peut être évaluée à 200 ou 300 francs environ.

On doit conclure de ce qui précède que, sur les chemins de fer à voie étroite établis à travers champs et exploités, avec des gares et stations, au moyen de trois trains dans chaque sens, le minimum des dépenses d'exploitation est de 3 000 à 3 500 fr. environ; ces dépenses croissent nécessairement avec la recette et suivant une loi qui n'est pas facile à déterminer.

Sur les tramways, en adoptant le mode d'exploitation simplifié que nous avons indiqué, les dépenses peuvent descendre jusqu'à un minimum de 2 000 à 2 500 fr. par kilomètre.

Dans l'exemple du tramway scandinave que nous avons emprunté à M. Rowan, les dépenses d'exploitation ne seraient pas, d'après cet ingénieur, supérieures à 1 800 fr. par kilomètre; mais ce chiffre ne comprend pas l'annuité de renouvellement.

En moyenne, la dépense totale d'exploitation d'une ligne se répartit entre les divers services à raison de 10 à 20 °/₀ pour les dépenses diverses, frais généraux, etc., 20 à 25 °/₀ pour l'entretien et la surveillance de la voie et des bâtiments, 30 °/₀ pour la traction et 30 °/₀ pour le service des gares et des trains. Ces chiffres ne sont, d'ailleurs, que des moyennes, qui varient suivant l'organisation des services.

Rapportée au kilomètre de train, la dépense d'exploitation des lignes d'intérêt local est de 1 fr. 80 à 2 fr. environ.

Le contrôle des chemins de fer d'intérêt local. — Aux termes de l'article 21 de la loi du 11 juin 1880, les chemins de fer d'intérêt local et les tramways sont soumis au contrôle et à la surveillance des préfets, sous l'autorité du ministre des travaux publics.

Les frais de contrôle sont à la charge des concessionnaires; ils sont réglés par le cahier des charges ou, à défaut, par le préfet, sur l'avis du Conseil général, et approuvés par le ministre.

En général, les frais de contrôle sont fixés à 40 ou 50 francs par kilomètre; ils sont répartis entre les différents fonctionnaires chargés du service par un arrêté préfectoral.

Voici, à titre d'exemple, d'après un arrêté ministériel du 11 mars 1891, comment est organisé le contrôle des tramways de Loir-et-Cher, dont la longueur est de 110 kilomètres.

La direction du contrôle est exercée par l'ingénieur en chef du département. Le contrôle de l'exploitation technique et commerciale, à l'exception des machines fixes ou locomotives, est fait par les deux ingénieurs ordinaires dont les arrondissements sont traversés par les tramways. Ils ont sous leurs ordres :

1° Un conducteur, en résidence à Blois, remplissant les fonctions de commissaire de surveillance administrative pour l'ensemble des lignes et celles de conducteur du contrôle sur une partie de ces lignes.

2° Trois conducteurs, en résidence dans les cantons traversés par les lignes.

Le contrôle et la surveillance des machines fixes ou locomotives sont rattachés au service de l'ingénieur des Mines de la région, assisté du contrôleur des mines.

Le montant annuel des frais de contrôle, qui s'élève à 40 francs par kilomètre, soit à 4400 francs, est réparti comme il suit :

L'ingénieur en chef du département	1000f
Les deux ingénieurs ordinaires (ensemble)	1000f
Le conducteur, commissaire de surveillance	300f
Les trois conducteurs du contrôle, chacun 150 fr.	450f
Le chef de bureau et le comptable de l'ingénieur en chef, chacun 100 fr.	200f
Les chefs de bureau des ingénieurs ordinaires, chacun 100 fr.	200f
Le chef de la 1re division de la préfecture	500f
Ensemble	3650f

Le surplus, soit 750 francs, est affecté aux dépenses diverses du contrôle, frais de visite des machines, frais de tournées des conducteurs, etc.

CHAPITRE II

EXPLOITATION COMMERCIALE

Les tarifs. — Les frais accessoires. — Frais de transbordement. Arrêté ministériel du 8 mars 1890. — L'impôt sur la grande vitesse. La réforme de 1892.

Les tarifs. — La tarification des lignes à voie de 1 mètre s'établit d'après les mêmes principes que celle des lignes à grande voie. Le cahier des charges joint à l'acte de concession prévoit un certain nombre de prix applicables aux transports à grande et à petite vitesse et le concessionnaire conserve la faculté d'établir, avec l'homologation de qui de droit (le préfet ou le ministre, suivant les cas) des tarifs plus réduits, soit pour le parcours total, soit pour les parcours partiels de la ligne[1].

Mais on admet, en général, que, sur les petites lignes à faible trafic, les tarifs peuvent être plus élevés que sur les grandes lignes. Il est, en effet, naturel et conforme aux principes habituels du commerce que des entreprises, dont la sphère d'action est peu étendue, appliquent des prix unitaires plus élevés que celles dont les opérations sont très développées et qui peuvent, par conséquent, se contenter d'un bénéfice plus restreint sur chacune d'elles; mais il faut remarquer, d'un autre côté, que les compagnies de chemins de fer ne sont pas des commerçants ordinaires et qu'elles détiennent, en définitive, un privilège, celles qui exploitent les petites lignes comme celles à qui les grandes ont été concédées, qu'elles reçoivent en outre des subventions, sous une forme ou sous une autre, de sorte que les principes de la tarification commerciale ne sauraient leur être appliqués sans restriction. Un département, qui concède une ligne d'intérêt local et la subventionne, joue absolument le même rôle que l'État qui concède les grandes lignes d'intérêt général, de sorte qu'on ne voit pas bien, en dernière

1. V. aux Documents officiels, les tarifs du cahier des charges type.

analyse, pourquoi la réduction des tarifs ne s'imposerait pas, dans une certaine mesure, aux petites lignes comme aux grandes.

En fait, les tarifs fixés par les cahiers des charges des lignes d'intérêt local à voie étroite varient, pour le transport des voyageurs, entre 10 et 15 centimes par kilomètre pour la 1re classe, 7e 5 et 12 centimes pour la 2e classe, 5 centimes et 7c 84 pour la 3e classe.

Dans l'application, ces tarifs sont souvent réduits d'une manière notable. Ainsi, sur les tramways de Loir-et-Cher, où le cahier des charges prévoit deux classes de voyageurs taxées de la manière suivante :

1re classe.....	0f 10 par kilom.	impôt non compris,
2e —	0f 075 —	

le concessionnaire a spontanément réduit les taxes aux chiffres suivants :

1re classe.....	0f 075 par kilom.	impôt compris.
2e —	0f 05 —	

Une réduction analogue a été appliquée sur les tramways de la Sarthe et c'est à elle que la compagnie attribue le trafic important de voyageurs qu'elle est parvenue à y réaliser et qui représente environ 80 °/₀ de la recette totale.

En ce qui concerne les marchandises, les cahiers des charges prévoient habituellement leur division en 4 classes, auxquelles s'appliquent les tarifs suivants :

Sur la ligne de Hermes à Beaumont :

1re série.....	0f 24	par tonne	et par kilom.
2e —	0f 21	—	—
3e —	0f 15	—	—
4e —	0f 12	—	—

Sur la ligne d'Anvin à Calais, les taxes sont respectivement de 25, 20, 16 et 12 centimes.

Sur les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher, les tarifs sont beaucoup plus réduits et fixés à 16, 14, 10 et 8 centimes, comme au cahier des charges type.

Quant aux frais accessoires, ils sont fixés comme il suit sur les lignes de Hermes à Beaumont et d'Anvin à Calais :

	MARCHANDISES TRANSPORTÉES			
	SANS CONDITION DE TONNAGE		PAR WAGON COMPLET DE 4000 K. ET AU DESSUS	
Frais de chargement au départ	0f 50	TOTAL 1f 80 par tonne.	0f 40	TOTAL 1f 30 par tonne.
Frais de déchargement à l'arrivée	0,50		0,40	
Frais de gare au départ	0,40		0,25	
Frais de gare à l'arrivée	0,40		0,25	

Sur les tramways de Loir-et-Cher, ces frais sont les suivants :

Frais de chargement au départ	0f 40	Total 1f 60 par tonne.
— déchargement à l'arrivée	0f 40	
Frais de gare au départ	0f 40	
— à l'arrivée	0f 40	

FRAIS DE TRANSBORDEMENT. — Indépendamment des tarifs et des frais accessoires ci-dessus, les marchandises qui passent de la voie étroite à la voie large et réciproquement ont encore à supporter les frais spéciaux que nécessite leur transbordement.

La question du transbordement est très grave pour les petites Compagnies à voie étroite. Pendant longtemps, les grandes Compagnies, qui voyaient en elles des rivales beaucoup plutôt que des auxiliaires, leur ont appliqué, aux points de raccordement de leurs réseaux, des conditions extrêmement onéreuses pour les petites lignes, qu'elles assimilaient à des correspondants par terre, au lieu de les traiter comme les Compagnies à voie normale à leurs gares de jonction.

Nous citerons, à titre d'exemple, les exigences de la Compagnie d'Orléans vis à vis des chemins de fer à voie étroite d'Indre-et-Loire.

Rappelons d'abord, pour les faire bien saisir, les tarifs fixés par l'arrêté ministériel du 30 novembre 1876 pour les frais accessoires, applicables aux marchandises transportées sur les réseaux d'intérêt général.

Les frais de manutention par tonne sont fixés comme il suit :

	MARCHANDISES TRANSPORTÉES	
	SANS CONDITION DE TONNAGE	PAR WAGON COMPLET DE 4000 K. ET AU DESSUS
Frais de chargement au départ	0f 40	0f 30
Frais de gare au départ	0,35	0,20
Frais de gare à l'arrivée	0,35	0,20
Frais de déchargement à l'arrivée	0,40	0,30
TOTAL	1,50	1 »

En outre, lorsque la marchandise passe d'un réseau à un autre, il est perçu à la gare de jonction un droit de transmission de 0f40 par tonne, applicable par fraction indivisible de 10 kilogr., et à partager par moitié entre les deux Compagnies. Moyennant la perception de ce droit, les frais de manutention indiqués plus haut ne sont perçus qu'une seule fois, à l'expédition primitive et à la destination définitive.

Aux gares de jonction de la Compagnie d'Orléans avec le réseau à voie étroite d'Indre-et-Loire, la redevance exigée par la grande Compagnie était de 0 fr. 80 par tonne pour le transbordement des marchandises de détail et de 0 fr. 60 pour celui des wagons. A cette redevance venaient s'ajouter les doubles frais de gare, fixés au taux habituel, c'est à dire à 0 fr. 70 pour les marchandises sans condition de tonnage et à 0 fr. 40 pour les marchandises par wagon complet. Chaque tonne transportée avait ainsi à supporter, au point de raccordement des deux réseaux, une taxe de transmission de 1 fr. 50 dans le premier cas, de 1 fr. dans le second, à cause de la différence de largeur de voie, au lieu du droit de 0 fr. 40 qui aurait été perçu si les deux réseaux avaient été à voie normale.

Cette taxe élevée n'était pas justifiée ; le droit de transmission de 0 fr. 40 n'était pas non plus applicable : tandis qu'à la jonction des lignes ayant la même largeur de voie le transbordement effectif des marchandises n'est pas toujours nécessaire, cette opération est, au contraire, inévitable entre lignes ayant des largeurs de voie inégales. Il était donc juste d'appliquer dans ce cas un droit de transmission un peu plus élevé, mais le prix réclamé était excessif et l'élévation de la taxe de transbordement réagissait d'une manière très fâcheuse sur le trafic des petites Compagnies, dont elle grevait les transports de frais accessoires beaucoup trop élevés.

Un arrêté ministériel du 8 mars 1890 est venu mettre fin à cette situation, en fixant de la manière suivante le droit de transmission des marchandises, dans le cas où les deux Compagnies voisines ont des largeurs de voie inégales :

« Art. 1er. — Il sera perçu, aux gares de jonction des lignes de chemins de fer à voie étroite avec les lignes de chemins de fer à voie normale, un droit de 0 fr. 70 par tonne, applicable par fraction indivisible de 10 kilogrammes et à partager comme suit :

0 fr. 40 de frais de gare à partager entre les deux Compagnies ;
0 fr. 30 pour la Compagnie qui effectue les opérations du transbordement.

« Moyennant la perception de ce droit de 0 fr. 70, les frais de manutention (chargement, déchargement et gare) ne seront perçus qu'une fois, à l'expédition primitive et à la destination définitive, étant bien entendu, d'ailleurs, que les frais de

chargement et de déchargement ne seront pas perçus pour les marchandises transportées par wagon complet de 4000 kilogr. et au dessus ou par expédition d'un poids équivalent, lorsque ces opérations seront faites par les expéditeurs et les destinataires.

« Art. 2. — Les dispositions qui précèdent ne font pas obstacle au maintien des taxes actuellement en vigueur, en vertu des tarifs homologués, qui seraient plus réduites que les taxes ci-dessus fixées. »

Cet arrêté, qui résout définitivement la question du transbordement, montre qu'en somme la dépense supplémentaire imposée aux marchandises par l'adoption de la voie étroite se réduit à 0 fr. 30 par tonne aux points de raccordement avec les lignes à voie normale ; cette dépense est, en réalité, fort peu de chose, eu égard aux économies importantes que procure cette voie, tant pour l'établissement que pour l'exploitation des chemins de fer. Cet arrêté est de nature à permettre au trafic des petites Compagnies de se développer dans de notables proportions et à faire cesser les justes réclamations du public, qui se plaignait d'avoir à payer des taxes accessoires souvent plus élevées que les prix résultant de l'application des tarifs de transport eux-mêmes.

Nous avons vu plus haut qu'au point de raccordement du tramway de Blois à Lamotte-Beuvron avec la gare de Lamotte-Beuvron située sur son réseau, la Compagnie d'Orléans perçoit, indépendamment de la moitié de la taxe de transmission fixée par les arrêtés ministériels en vigueur, la moitié des rémunérations suivantes :

Marchandises par wagon complet.....	0 fr. 60 par tonne.
Marchandises sans condition de tonnage.....	0 fr. 80 —

Quelques explications sont nécessaires à cet égard.

En premier lieu, il faut remarquer que le traité passé entre les deux Compagnies est un arrangement d'ordre intérieur, qui ne lie pas le public et que celui-ci n'a dès lors à payer que les frais de transmission règlementaires, c'est-à-dire 0 fr. 70 par tonne pour toutes les marchandises.

Seulement, au lieu d'admettre purement et simplement la répartition de cette somme entre les deux Compagnies d'après les bases de l'arrêté du 8 mars 1890, c'est à dire :

0 fr. 40 pour frais de gare, à partager entre les deux Compagnies,
0 fr. 30 pour la Compagnie d'Orléans, qui effectue les opérations de transbordement,

cette dernière perçoit les sommes suivantes :

1° MARCHANDISES PAR WAGON COMPLET.

$\frac{0^f 70}{2} = 0^f 35$ payés par le public.

$\frac{0^f 60}{2} = 0^f 30$ payés par la Compagnie des Tramways.

2° MARCHANDISES SANS CONDITION DE TONNAGE.

$\frac{0^f 70}{2} = 0^f 35$ payés par le public.

$\frac{0^f 80}{2} = 0^f 40$ payés par la Compagnie des Tramways.

La Compagnie d'Orléans reçoit donc, dans le premier cas, 0 fr. 65 et, dans le second, 0 fr. 75, au lieu de la somme de 0 fr. 50 qui lui est attribuée uniformément par l'arrêté ministériel. Quant à la Compagnie des tramways, elle ne conserve que 0 fr. 05 dans le premier cas, au lieu des 0 fr. 20 qui devraient lui revenir ; dans le second cas, elle perd 0 fr. 05 par tonne.

Un traité absolument semblable lie la Compagnie des chemins de fer départementaux, pour l'Indre-et-Loire, avec la Compagnie d'Orléans. Il n'est pas besoin d'insister sur les inconvénients que présentent de pareilles conventions pour les petites Compagnies d'intérêt local ; nous avons voulu appeler l'attention sur cette question, pour montrer que, malgré les arrêtés pris par l'administration supérieure, les petites Compagnies sont toujours obligées de se soumettre aux exigences des grandes, contre lesquelles elles sont insuffisamment protégées.

La prétention de la compagnie d'Orléans sur ce point n'est pas, d'ailleurs, un fait isolé ; les grandes compagnies ont protesté contre les dispositions de l'arrêté du 8 mars 1890 et demandé qu'il fût modifié de manière à fixer simplement un droit de $0^f 70$ par tonne, à partager par moitié entre les deux compagnies, entre lesquelles le transbordement est nécessaire. L'une d'elles, la compagnie P.-L.-M., avait même élevé cette prétention singulière de retarder l'application de l'arrêté jusqu'au moment où le ministre des travaux publics aurait réglé, dans le sens indiqué par elle, le partage de la taxe de $0^f 70$.

Une décision ministérielle du 17 mai 1890, que nous reproduisons *in extenso* aux Annexes [1], a formellement rejeté les demandes des compagnies.

1. V. Annexe D.

Cette décision, longuement motivée, est fort intéressante à consulter. Le ministre exprime d'abord en ces termes son étonnement de voir que son arrêté n'ait pas immédiatement été mis en vigueur :

« Il est regrettable, Messieurs, que l'arrêté du 8 mars ne soit pas encore en application, et cela à raison d'un *point de détail*, au sujet duquel vous avez d'ailleurs attendu près de deux mois avant de présenter vos observations. Je ne saurais admettre que la mise en vigueur des décisions administratives soit ainsi subordonnée à l'accueil qui peut être fait aux objections que vous croyez à propos de formuler, et je vous invite, en conséquence, à vous conformer, sans plus de retard, à l'arrêté précité. »

La décision établit ensuite que les objections des compagnies ne sont fondées, ni en droit, ni en fait et elle maintient intégralement les dispositions de l'arrêté du 8 mars 1890.

Peu satisfaites de cette décision, les grandes compagnies ont présenté de nouvelles observations, qui ont été repoussées par une deuxième décision, du 13 juin 1890, par laquelle le ministre des travaux publics a confirmé celle du 17 mai.

Il peut paraître surprenant qu'après deux décisions aussi formelles, les grandes compagnies aient persisté à ne pas appliquer, dans son intégrité, l'arrêté du 8 mars 1890 : c'est cependant ce qui a lieu, ainsi que nous l'avons montré par l'exemple de la gare de Lamotte-Beuvron et des gares de jonction du réseau d'Orléans avec les chemins de fer d'intérêt local d'Indre-et-Loire. Il n'est guère d'exemple qui fasse mieux voir que les petites compagnies sont toujours, quoi qu'on fasse, lésées dans leurs rapports avec les grandes; le tout-puissant monopole de ces dernières leur permet d'imposer leur volonté, *par voie d'arrangement intérieur*, aux modestes compagnies d'intérêt local et d'éluder ainsi les prescriptions des décisions ministérielles auxquelles elles devraient, en bonne justice, se conformer.

L'application de la taxe de transbordement soulève une autre question assez délicate, qui a donné lieu à quelques difficultés dans le département d'Indre-et-Loire. La compagnie des chemins de fer départementaux, chargée de l'exploitation du réseau d'intérêt local de ce département, se basant sur les exigences de la compagnie d'Orléans, qui prélève à son profit la moitié de la taxe de 0f 30, a demandé que la moitié seulement de cette taxe fût inscrite en recettes dans les comptes de garantie qui lient le département à la compagnie d'intérêt local.

Le département s'y est constamment refusé, alléguant que, d'après l'arrêté ministériel du 8 mars 1890, la taxe de 0f 30 doit être attribuée en totalité à la compagnie chargée d'effectuer le transbordement et que, dans l'espèce,

le soin de cette opération incombant à la compagnie des chemins de fer départementaux, c'est elle, et elle seule, qui doit percevoir la taxe dont il s'agit; que, d'ailleurs, la taxe des frais de transbordement est une véritable taxe départementale, conformément à l'article 49 du cahier des charges de la concession (Voir l'article 50 du cahier des charges-type) et que la compagnie d'Orléans n'a aucun droit à la perception de cette taxe. Pour ce motif, la commission locale de vérification des comptes de la compagnie départementale a inscrit en recettes à cette compagnie la totalité des frais de transbordement de 0f 30 par tonne, bien que la compagnie d'Orléans continue à en percevoir la moitié à son profit.

L'interprétation du département d'Indre-et-Loire nous paraît très rationnelle; mais elle conduit, par suite des exigences non justifiées des grandes compagnies, à inscrire en recettes dans les comptes des lignes d'intérêt local des sommes que ces dernières ne perçoivent pas : c'est un nouvel et déplorable effet du puissant monopole déjà signalé.

L'impot sur la grande vitesse. — Les chemins de fer d'intérêt local, qui forment la plus grande partie des lignes à voie étroite, donnent lieu, au point de vue de l'application de l'impôt sur la grande vitesse, à quelques remarques intéressantes, par lesquelles nous terminerons la présente étude.

Jusqu'au 1er avril 1892, date du dégrèvement de l'impôt sur la grande vitesse, ces lignes étaient divisées, à ce point de vue, en deux classes distinctes, suivant que leur longueur à vol d'oiseau était supérieure ou inférieure à 40 kilomètres.

Dans le premier cas, l'impôt était fixé comme pour les lignes d'intérêt général, c'est-à-dire qu'il était de 23,2 °/₀ de la taxe perçue au profit de la Compagnie.

Dans le second cas, assez fréquent sur les lignes d'intérêt local, on appliquait les dispositions de la loi du 11 juillet 1879, relative aux *voitures* en service régulier, qui ne s'éloignent pas de plus de 40 kilomètres de leur point de départ.

Le mot « voitures » inscrit dans cette loi est, en effet, un terme générique qui comprend tous les modes de transport et, par conséquent, les véhicules de chemins de fer.

Dans ce cas, l'impôt consistait, non plus en une taxe proportionnelle à la recette, mais en un droit fixe par voiture, réglé par l'article 1er de la loi.

D'après cet article, le droit fixe perçu annuellement pour une voiture à 16 places est, en principal, de 210 fr.; il faut y ajouter les décimes fixés par diverses lois, qui s'élèvent à 1/4 du principal, soit 52 fr. 50. Le droit est donc, au total, de 262 fr. 50 par voiture et par an.

Cet impôt étant payable par douzièmes, les Compagnies pouvaient chaque mois modifier la déclaration relative au nombre des voitures en service et, par conséquent, faire varier ce nombre suivant les besoins du trafic.

Cette différence de traitement entre les lignes créait pour les petites Compagnies d'intérêt local une situation qui n'était pas sans inconvénients. Lorsqu'une Compagnie était concessionnaire, dans le même département, de deux lignes, dont l'une avait plus de 40 kilomètres et l'autre moins de 40 kilomètres à vol d'oiseau, elle se trouvait amenée, soit à établir des tarifs différents sur ces deux lignes, ce qui aurait été difficilement admis par le public, soit à faire une sorte de cote mal taillée et à fixer des tarifs uniformes tenant compte, tant bien que mal, de la surtaxe correspondant à l'impôt.

C'est généralement à ce dernier parti qu'on s'arrêtait ; on se trouvait ainsi conduit à établir, dans les limites fixées par le cahier des charges, des tarifs de transport qui comprenaient l'impôt, alors que, d'après les termes de la concession, cet impôt devrait s'ajouter aux tarifs. Il en résultait que l'impôt, au lieu d'être perçu sur le public, se trouvait en réalité perçu sur la Compagnie.

Ainsi, sur les tramways de Loir-et-Cher, où le cahier des charges autorise le concessionnaire à percevoir des prix de 0 fr. 10 en 1re classe et 0 fr. 075 en 2e classe, *non compris l'impôt dû à l'État*, les tarifs homologués et payés par le public sont seulement de 0 fr. 075 en 1re classe et de 0 fr. 05 en 2e classe, *y compris l'impôt*, que la Compagnie se charge de payer.

Il y avait là, pour les petites Compagnies, une charge assez lourde, dont elles se plaignaient beaucoup, et avec assez de raison.

On pouvait, il est vrai, leur objecter que l'impôt de 23 °/₀ sur la grande vitesse a été établi, non pas sur les Compagnies de chemins de fer, mais sur le public, et que leur droit était d'ajouter cet impôt à la taxe proprement dite. Mais, pour celles qui se trouvaient dans le cas indiqué plus haut, il en serait résulté une différence dans les prix de transport sur les diverses lignes de la concession, différence qui aurait provoqué de la part du public des réclamations probablement assez vives.

Le vote du dégrèvement de l'impôt sur la grande vitesse, applicable depuis le 1er avril 1892, a fait disparaître cette situation fâcheuse. En même temps qu'elle a supprimé, pour les voyageurs et leurs bagages, la surtaxe de 10 °/₀ établie en 1871, et, pour les messageries et denrées, la totalité de l'impôt, la loi du 26 janvier 1892 a modifié complètement le régime appliqué aux chemins de fer d'intérêt local et remplacé le système complexe que nous indiquions tout à l'heure par une taxe uniforme de 3 °/₀ sur le prix perçu par les Compagnies. L'article 28 de la loi est, en effet, ainsi conçu :

« Art. 28. — A partir du 1er avril 1892, les dispositions du dernier paragraphe de l'article 8 de la loi du 28 juin 1833 et de l'article 2 de la loi du 11 juillet 1879 cesseront d'être applicables aux entreprises de chemins de fer et de tramways autres que les tramways à traction de chevaux.

« Pour les chemins de fer d'intérêt local et les tramways à traction mécanique, quelle que soit leur longueur, il sera perçu, à partir de la même date, une taxe proportionnelle de 3 °/₀ sur les prix des places des voyageurs et des transports de bagages en grande vitesse.

« Les entreprises de tramways à traction mécanique, sur le réseau desquelles le prix des places ne dépasse pas 30 centimes, pourront, sur leur demande, être maintenues au droit fixe. »

Cette réforme est excellente : elle fait cesser une inégalité regrettable qui existait dans la situation des diverses Compagnies d'intérêt local, suivant la longueur de leurs lignes ; elle réduit, en outre, d'une manière équitable le taux de l'impôt ; elle ne peut avoir que de bons résultats en favorisant et en développant les transports sur les lignes d'intérêt local, dont plusieurs avaient à supporter, du fait de l'ancien impôt, une charge tout à fait exagérée, eu égard à leurs ressources.

CHEMINS DE FER EXCEPTIONNELS

CHAPITRE PREMIER

CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE [1]

Considérations générales. — Historique. — Crémaillère. Systèmes Riggenbach, Abt et Locher. — Attaches de la crémaillère. — Appareils de changement de voie. — Entrée de la crémaillère. Systèmes Riggenbach et Abt. — Tracé. Courbes. Déclivités. — Machines, simples, mixtes, à deux mécanismes. — Matériel roulant. — Exploitation. — Dépenses de construction.

On a vu, dans ce qui précède, que les chemins de fer d'intérêt local admettent d'une manière à peu près courante des rampes de 30 mm par mètre et qu'on peut même, dans certains cas, élever ce maximum jusqu'à 40mm, la traction étant supposée faite au moyen de locomotives à adhérence : c'est en effet le système universellement employé et, dans l'état actuel de la science, le problème général de la traction ne comporte pas encore une solution différente.

Pourtant, dans certains cas particuliers, notamment pour franchir de hautes montagnes, on est obligé, si l'on veut avoir des tracés acceptables, d'adopter des déclivités que la locomotive ordinaire ne pourrait pas franchir ou, du moins, sur lesquelles elle ne remorquerait plus qu'un poids insignifiant. On

1. Principaux ouvrages à consulter :
Couche. — *Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer.*
Revue générale des chemins de fer (Divers nos de 1888 à 1891).
Nouvelles Annales de la Construction, Génie civil (Divers nos).
Revue technique de l'Exposition de 1889, par Ch. Vigreux fils. — 5e partie, 1er fascicule.
A. Lévy-Lambert. — *Chemins de fer à crémaillère*. Paris 1892. — Cet ouvrage, auquel nous avons fait de nombreux emprunts, contient une bibliographie de la question des lignes à crémaillère.
Bricka. — *Cours de Chemins de fer, professé à l'Ecole des Ponts et Chaussées.*

est ainsi conduit à l'emploi d'un système qui permette d'augmenter la puissance de traction du moteur ; les chemins de fer à crémaillère constituent l'une des solutions du problème.

Il importe de se rendre compte, en premier lieu, des cas où l'adhérence fait défaut et des conditions dans lesquelles l'emploi de la crémaillère peut être justifié.

Dans notre *Traité complet des Chemins de fer* (t. II, p. 384) nous avons montré que ce n'est pas, en général, le défaut d'adhérence qui limite l'inclinaison des rampes sur lesquelles une locomotive peut circuler, mais simplement la faiblesse de l'effet utile qu'elle y produirait. Ainsi, en prenant comme exemple une machine à marchandises de la Compagnie P.-L.-M., à quatre essieux couplés, du poids de 51 tonnes, on trouve que la rampe sur laquelle cette machine ne pourrait remorquer qu'un poids égal au sien, à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure, est de 67^{mm}, tandis que la limite de rampe imposée par l'adhérence est de 72^{mm}, dans les mêmes conditions de vitesse et de poids remorqué. Ce n'est donc pas l'adhérence qui ferait défaut à cette machine sur des rampes de 67^{mm} ; mais c'est l'effet utile qui serait insignifiant, puisque, à la vitesse considérée, la charge remorquée, qui est de 2 330 tonnes en palier, tomberait au chiffre de 51 tonnes.

Si un supplément d'adhérence pouvait être nécessaire à cette machine, ce ne serait pas sur la rampe de 67^{mm}, mais seulement à partir de celle de 72^{mm}, rampe sur laquelle la puissance de vaporisation de la machine ne lui permet de remorquer qu'un poids utile inférieur au sien propre.

Encore est-il nécessaire d'ajouter que ce supplément d'adhérence ne pourrait être utilisé qu'à la condition de réduire la vitesse au dessous du chiffre de 15 kilomètres.

Les résultats numériques qui précèdent ne s'appliqent qu'à la machine qui nous a servi d'exemple ; mais ils sont vrais, d'une manière générale, pour toutes les machines, ainsi que le montre le raisonnement qui suit.

Le travail produit par une locomotive est égal, à chaque instant, au produit de l'effort de traction par la vitesse ; or, la puissance de la machine étant limitée, et l'effort de traction nécessaire pour remorquer un poids donné augmentant très rapidement avec la déclivité, on est obligé, sur les rampes fortes, de diminuer la vitesse pour augmenter l'effort de traction. Mais cet effort a, pour chaque machine, deux limites : 1° celle qui résulte des dimentions du mécanisme et de la pression de la vapeur ; 2° celle qui résulte de l'adhérence. La première peut être augmentée en élevant le timbre de la chaudière et en disposant convenablement les pièces du mécanisme ; mais, en ce qui concerne la seconde, tout ce qu'on peut faire, c'est d'utiliser comme poids adhérent le poids total de la machine, de manière à

élever le produit ϖf à son maximum. Or il arrive que, la vitesse diminuant, lorsqu'elle atteint le chiffre de 15 kilomètres à l'heure environ, l'effort de traction correspondant devient supérieur au produit ϖf. Il n'est pas possible d'augmenter le poids adhérent ϖ au moyen d'une surcharge de la machine, car son effet utile, déjà si réduit, diminuerait encore; il ne reste donc qu'un moyen, pour permettre à l'effort de traction d'augmenter, c'est de remplacer le frottement dû à l'adhérence par une résistance plus forte, c'est-à-dire d'augmenter le coefficient f, ce qui conduit aux machines à crémaillère, dans lesquelles le moteur prend un point d'appui sur la voie au moyen d'une roue dentée qui engrène avec une crémaillère placée entre les rails.

Pratiquement, il n'y a pas d'intérêt à employer la crémaillère sur des rampes inférieures à 40 ou 50^{mm}; au dessous de cette limite, l'adhérence est bien suffisante et on a l'avantage d'éviter le supplément de poids et les résistances passives dues au frottement de l'engrenage et des pièces qui le commandent.

Historique. — On peut dire que l'emploi de la crémaillère remonte à l'origine même des chemins de fer, car, lorsqu'on faisait les essais qui ont abouti à la création de la locomotive par Stephenson, on croyait généralement que l'adhérence serait insuffisante pour permettre à la machine de prendre un point d'appui sur le rail, même en palier. C'est ainsi qu'en 1811 M. Blenkinsop avait construit une machine mue par une roue motrice dentée qui engrenait avec une crémaillère placée sur la voie.

L'apparition de « la Fusée », locomotive de Stephenson, montra que les idées qu'on s'était faites des ressources offertes par l'adhérence étaient tout à fait au dessous de la réalité et l'on renonça bien vite à la crémaillère pour les lignes à déclivités modérées.

Ce n'est que beaucoup plus tard au Mount-Washington, en Amérique, et au Rigi, en Europe, que ce système fut de nouveau appliqué pour franchir de fortes rampes. Le chemin de fer du Mount-Washington, dans le New-Hampshire, construit par un ingénieur américain, M. Sylvester Marsh, a été ouvert en 1868 et 1869; les pentes maxima y atteignent 330 millimètres et la hauteur totale franchie est de 1 098 mètres. Celui de Witznau, au Rigi, construit par un ingenieur suisse, M. Riggenbach, a été ouvert seulement en 1870; mais, dès le 12 août 1863, cet ingénieur avait pris en France un brevet sous le n° 59625 et avec ce titre : « *Nouveau système de voie et de locomotive destinées au franchissement des montagnes.* »

« Ce brevet décrit l'adjonction, au milieu de la voie ordinaire, dans l'entre-axe exact des rails, d'une crémaillère de forme spéciale, de façon à faire couler sur la voie toutes les substances, sable, menus charbons, cendres,

neige, etc., qui viendraient à tomber sur la crémaillère; celle-ci est à échelle, avec dents rapportées à section trapézoïdale; plus une locomotive à engrenages pour diminuer la vitesse et augmenter la puissance. Les avantages indiqués sont, notamment : la possibilité de descendre des charges considérables sans danger, la machine faisant frein naturellement par son engrènement avec la crémaillère. »[1]

Depuis cette époque, un grand nombre de lignes à crémaillère ont été établies en Europe, en Amérique, en Asie, et ce mode de franchissement des montagnes prend, de jour en jour, une plus grande importance; il nous paraît juste d'en faire revenir le mérite originaire à M. Riggenbach, bien que les différentes lignes établies ne reproduisent pas toutes exactement le système du Rigi.

D'après l'ouvrage cité de M. Lévy-Lambert, la longueur totale des lignes à crémaillère, système Riggenbach, exploitées en 1890, s'élevait à 187 kilomètres, avec des pentes maxima variant depuis 50^{mm} (ligne de Laufen-Berne) jusqu'à 300^{mm} (ligne de Corcovado, au Brésil). Les lignes du système R. Abt (un des collaborateurs de M. Riggenbach) atteignaient en 1892 une longueur totale de 340 kilomètres, avec des pentes maxima variant depuis 60^{mm} (ligne de Blankenburg à Tanne, dans le Harz) jusqu'à 250^{mm} (lignes de Peaks Peak, du Rothorn, du mont Salève). Enfin, une ligne à crémaillère d'un système spécial (système Locher) est établie au mont Pilate (Suisse), avec des pentes maxima de 480^{mm}. Elle a une longueur de 4 kilomètres 5.

Les applications des deux premiers systèmes comprennent des lignes entièrement à crémaillère et des lignes mixtes, partie à adhérence, partie à crémaillère; le chemin du mont Pilate, qui présente la plus forte rampe connue, est à crémaillère sur toute sa longueur[2].

Crémaillère. — *Système Riggenbach.* — La crémaillère, système Riggenbach, est une sorte d'échelle posée dans l'axe de la voie et dans les échelons de laquelle mordent les dents de la roue dentée portée par la machine. Les montants de l'échelle sont fermés par deux fers en ⊏ fixés sur les traverses de la voie, à égale distance des deux files de rails; les échelons sont des barreaux transversaux, de forme trapézoïdale, qui relient à intervalles égaux les fers en ⊏.

1. Revue générale des chemins de fer. Octobre 1888. — Note de M. Mallet.

2. La seule ligne à crémaillère qui fonctionne actuellement en France est celle qui a été ouverte en 1887 pour relier la ville de Langres à la station du même nom sur le réseau de l'Est : cette ligne, à voie de 1 mètre, est du système mixte, avec crémaillère Riggenbach; sa longueur est de 1 500 mètres; la déclivité maxima est de 172^{mm}, la différence de niveau franchie est de 132 mètres.

Une autre ligne, allant d'Aix-les-Bains au Revard, doit être ouverte en 1893; cette ligne, du système Abt, a une longueur de 9 350 mètres et franchit une hauteur de 1 226 mètres; la déclivité maxima est de 210^{mm}. La largeur de la voie est de 1 mètre.

La figure 166 représente la coupe de la crémaillère du Rigi. Les angles des fers formant échelons sont arrondis sur toute la longueur de leur portée dans les montants de l'échelle et la forme de cette portée empêche la rotation des échelons sous la pression des roues dentées. De plus, les deux extrémités de l'échelon sont rivées à froid, ce qui empêche le surécartement des montants de l'échelle.

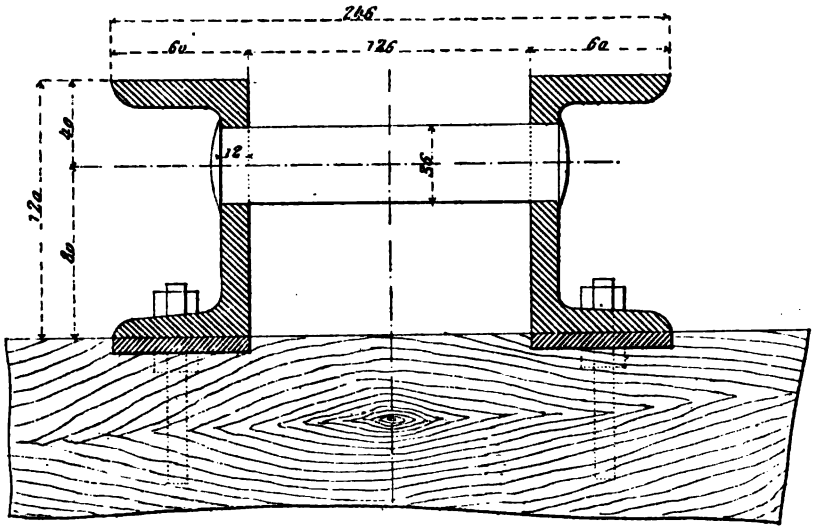


Fig. 166. — Crémaillère du Rigi, système Riggenbach.

Au début, les échelons étaient simplement formés par des fers ronds; mais cette disposition n'assurait pas une bonne prise aux dents de la roue d'engrenage et on a été obligé de la remplacer par la forme trapézoïdale.

Dans un type dérivé du système Riggenbach, la crémaillère Bissinger, les échelons ne sont plus rivés aux montants; ils sont simplement fixés à l'aide d'écrous et les fers qui servent de montants portent, du côté intérieur de la crémaillère, un rebord saillant qui empêche tout mouvement de rotation du barreau sous l'effort de la roue dentée.

La figure 167 représente cette disposition, employée sur le chemin du Hoellenthal (grand duché de Bade).

L'avantage principal de ce système, c'est qu'il permet de changer facilement un échelon avarié ou usé, sans avoir à toucher aux autres, tandis que dans la crémaillère Riggenbach, le remplacement d'un seul échelon exige l'enlèvement de tout un tronçon (d'une longueur de 3^m en général). Toutefois, l'expérience prouve qu'il ne faut pas attacher une trop grande importance à cet avantage, car les échelons de la crémaillère s'usent fort peu; au

Rigi, où l'exploitation se fait depuis plus de 20 ans, il y a eu jusqu'à présent fort peu d'échelons à remplacer.

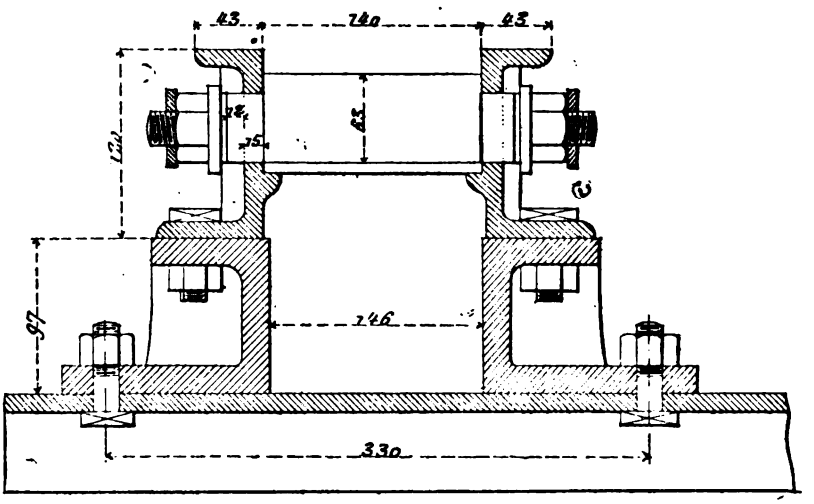


Fig. 167. — Crémaillère Bissinger.

Les crémaillères à échelons sont simples et solides; mais elles ont un inconvénient, c'est que la marche des machines y est parfois saccadée. Lorsqu'une dent de la roue motrice vient en contact avec un échelon, il se produit souvent une secousse désagréable pour les voyageurs. Ces chocs sont déjà sensibles à la vitesse de 8 kilomètres; on pourrait les éviter en diminuant l'écartement des échelons, qui est généralement de 100^{mm}; mais alors les dents de la roue motrice n'auraient plus une épaisseur suffisante pour résister aux efforts qu'elles ont à supporter.

Système Abt. — M. R. Abt, un des collaborateurs de M. Riggenbach, a modifié le type primitif de crémaillère à échelons, dans le but de lui donner plus de solidité et de rendre l'engrenage plus doux. La crémaillère Abt [1] est formée de deux ou trois lames d'acier dentées, placées parallèlement et à côté l'une de l'autre dans l'axe de la voie, de manière que leur dents chevauchent : leur parallélisme est assuré par des sabots-coussinets sur lesquels elles sont fixées et qui, en même temps, les entretoisent. A chaque lame correspond une roue dentée de la machine : ces roues, montées sur un même arbre, engrènent simultanément avec les lames correspondantes.

Le nombre des lames d'acier, leur épaisseur et le pas de leur denture varient suivant l'effort de traction que doit exercer la locomotive.

1. Revue générale des chemins de fer. Juillet 1888. — *Chemins de fer à crémaillère, système Abt*, par M. Séguela.

Les figures 168 et 169 représentent la disposition de la crémaillère à deux lames du chemin de fer à voie étroite d'Oerstelbruch (Saxe-Meiningen).

Chaque lame a 15^{mm} d'épaisseur : les coussinets sont en fonte et fixés sur des traverses en bois. Cette petite ligne, à voie de 0^{m} 69 de largeur, ne dessert que des ardoisières et les rampes y atteignent le plus fréquemment 137^{mm}.

CRÉMAILLÈRE DU CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE D'ŒRSTELBRUCH

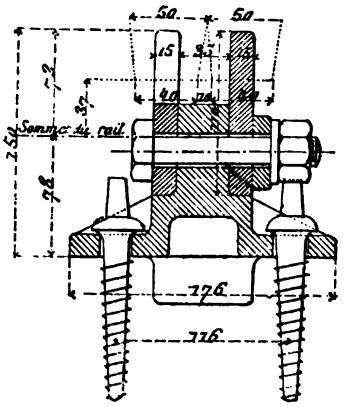


Fig. 168. — Coupe transversale (Echelle 1/4).

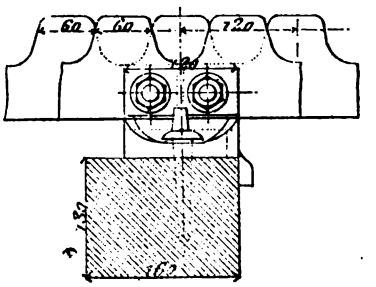


Fig. 169. — Elévation longitudinale (Echelle 1/8).

Sur la ligne de Viège-Zermatt (Suisse), la crémaillère a également deux lames, de 25^{mm} d'épaisseur pour les rampes supérieures à 100^{mm} et de 20^{mm} seulement pour les rampes inférieures à 100^{mm}.

Les figures 170 et 171 représentent la crémaillère à trois lames du chemin de fer de l'état anglais de Bolan-Pass (Afghanistan). Les lames ont 20^{mm}

CRÉMAILLÈRE DU CHEMIN DE FER DE BOLAN-PASS, A VOIE DE 1^{m} 676

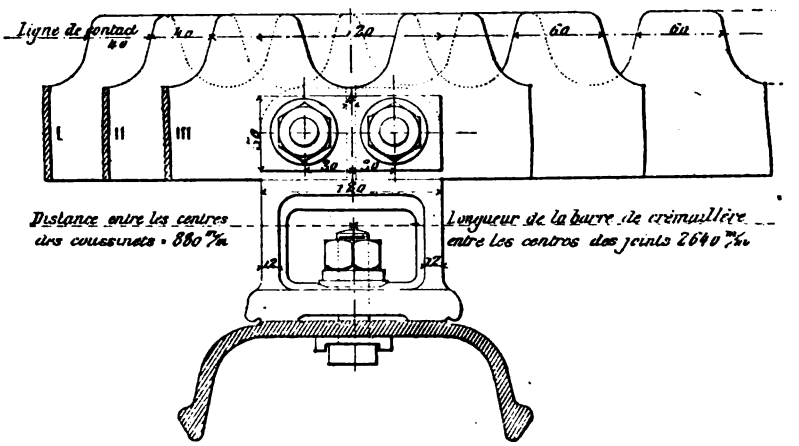


Fig. 170. — Elévation longitudinale (Echelle 1/4).

d'épaisseur, leur écartement est de 40^{mm}; les coussinets sont en acier et fixés sur des traverses également en acier. Sur cette ligne à voie de 1^{m} 676 de largeur, où les déclivités ne dépassent pas 40^{mm}, la charge des trains atteint 260 tonnes.

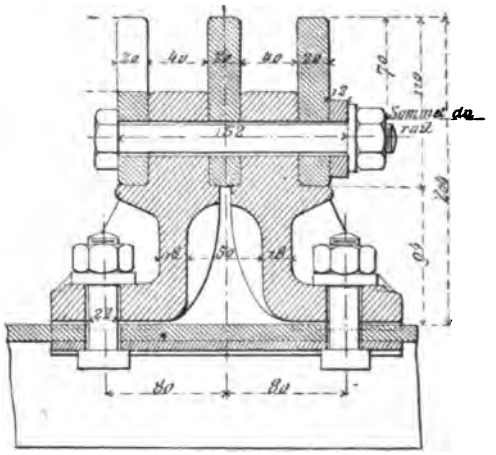


Fig. 171. — Coupe transversale (Echelle 1/4.)

Ainsi que nous l'avons dit, l'avantage de la crémaillère Abt est de donner un roulement plus doux et de permettre une plus grande vitesse, tout en remorquant de plus lourdes charges. Ce système est généralement employé sur des lignes qui présentent un trafic notable.

Système Locher. — Lorsque les déclivités dépassent 250 à 300^{mm}, on constate qu'avec les crémaillères des systèmes précédents l'engrenage cesse d'être assuré; la réaction de la crémaillère sur la roue dentée devient parfois assez forte pour soulever cette dernière et la faire sortir de la crémaillère.

C'est pour cette raison qu'au chemin de fer du mont Pilate, où les déclivités atteignent 480^{mm}, M. le colonel Locher a eu l'idée d'employer une crémaillère formée de deux lames dentées placées dos à dos dans le plan de la voie et engrenant avec des roues dont les axes sont perpendiculaires à ce plan.

C'est, en somme, la disposition du chemin de fer du Mont-Cenis, établi en 1868 par M. Fell avant l'achèvement des travaux du souterrain; seulement, au mont Cenis, il y avait un rail central à double champignon placé dans un plan parallèle à celui de la voie et deux roues à axe perpendiculaire à ce plan étaient serrées fortement contre ce rail par des ressorts; ici, le rail central est remplacé par des crémaillères.

La figure 172 représente le profil en travers de la voie du mont Pilate; chaque barre d'acier, constituant la double crémaillère, est supportée par

des fers Zorès régnant sur toute la longueur et formant table d'appui. Le fer Zorès est lui-même soutenu, au droit des traverses métalliques de la voie, par des fers en ⊓ de 140 mm de longueur, dont les ailes sont boulonnées sur des cornières rivées aux traverses de la voie.

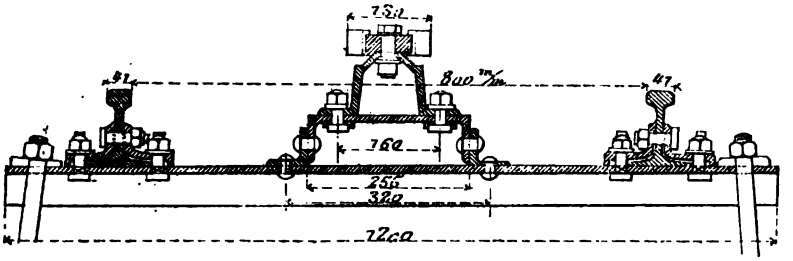


Fig. 172. — Crémaillère système Locher. Ligne du mont Pilate.

Voie. — Attaches de la crémaillère. — La voie proprement dite n'offre aucune disposition spéciale sur les lignes à crémaillère; les rails y sont généralement moins fatigués que sur les lignes ordinaires, parce qu'ils n'ont pas à subir l'action des freins à la descente. On emploie habituellement le rail Vignole reposant soit sur des traverses en bois, soit, le plus souvent, sur des traverses métalliques.

Par suite de l'appui que la machine prend sur la crémaillère, les roues dentées exercent sur elle un effort qui peut être très élevé; il atteint 6 000 kilogr. sur la ligne de Witznau-Rigi et s'exerce au contact d'une seule dent de la roue avec un échelon de la crémaillère. Il est donc indispensable de se préoccuper des moyens de résister à cette poussée longitudinale.

Dans ce but, la crémaillère doit être fixée très solidement aux traverses ; en outre, celles-ci doivent être rendues solidaires les unes des autres, de manière qu'une d'elles ne puisse prendre un mouvement de translation, sans entraîner en même temps toutes les autres.

Autrefois, on reliait les traverses en bois par des longrines en bois, placées de chaque côté de l'axe de la voie et fixées aux traverses par des tirefonds; mais ces longrines avaient l'inconvénient de pourrir. On les remplace aujourd'hui par des fers en ⊔ posés à plat.

Quand les traverses sont métalliques, elles résistent beaucoup mieux par leur forme au glissement longitudinal de la voie et on renonce généralement au mode de liaison indiqué ci-dessus; on compte simplement sur les rails pour assurer la solidarité des traverses.

Dans tous les cas, on assure l'immobilité absolue d'une traverse tous les 75 ou 100 mètres, en la faisant buter contre un poteau formé de deux tra-

verses jumelées ou de morceaux de rails, placés verticalement et solidement encastrés dans un massif de maçonnerie.

Au chemin de fer du mont Pilate, en raison du taux élevé des rampes, on a dû établir la voie avec une solidité plus grande encore et en faire une masse inébranlable. A cet effet, l'ensemble de la crémaillère et des rails est supporté (fig. 172) par des traverses métalliques reposant sur des dalles de granit, de $0^m 20$ d'épaisseur et d'une longueur égale à celle des traverses, soit $1^m 20$; ces dalles sont elles-mêmes fixées dans un massif en maçonnerie de ciment, qui règne sur toute la longueur de la ligne. Les traverses métalliques sont reliées aux dalles au moyen de deux forts boulons, de sorte que la voie ne forme, pour ainsi dire, qu'une seule pièce.

Il n'y a donc aucun déplacement à craindre et la solidité de la voie permet d'y prendre un point d'appui pour empêcher les voitures d'être renversées par le vent, en cas d'ouragan. C'est une ressource précieuse sur les flancs d'une montagne où le climat est rude et sur une ligne qui monte à plus de 2 000 mètres au dessus du niveau de la mer.

Sur les lignes où la crémaillère est continue, elle est simplement fixée aux traverses par des boulons ou des tirefonds. Au Rigi (fig. 166), pour éviter que la poussée longitudinale de la crémaillère ne vienne arracher les tirefonds, on a rivé, sous les ailes inférieures des fers en ⊏, des fragments de cornière. L'aile verticale de ces cornières vient buter contre la traverse, pour s'opposer au glissement.

Ce mode de fixation de la crémaillère ne serait pas satisfaisant pour une ligne qui devrait être exploitée l'hiver; la neige est en effet difficile à enlever et, en tout cas, le nettoyage de la crémaillère n'est pas aisé.

Il vaut toujours mieux surélever cette pièce par rapport aux rails; d'ailleurs, sur les lignes mixtes, comportant des sections à faible pente où les machines circulent en utilisant l'adhérence seule, il est indispensable que la crémaillère soit surélevée, pour éviter que, dans les parties où celle-ci n'existe pas, la roue dentée touche le sol.

Au début, on obtenait ce résultat en soutenant la crémaillère par des longrines en bois reposant sur les traverses; c'est une solution défectueuse, parce que les longrines pourrissent. Aujourd'hui, l'on préfère supporter la crémaillère au droit de chaque traverse par des coussinets en fonte (fig. 167).

Avec la crémaillère Abt, l'exhaussement est obtenu au moyen de coussinets en acier (fig. 168 à 171).

Appareils de changement de voie. — Sur les lignes mixtes, il est préférable de ne pas placer d'aiguilles dans les parties munies de crémaillère;

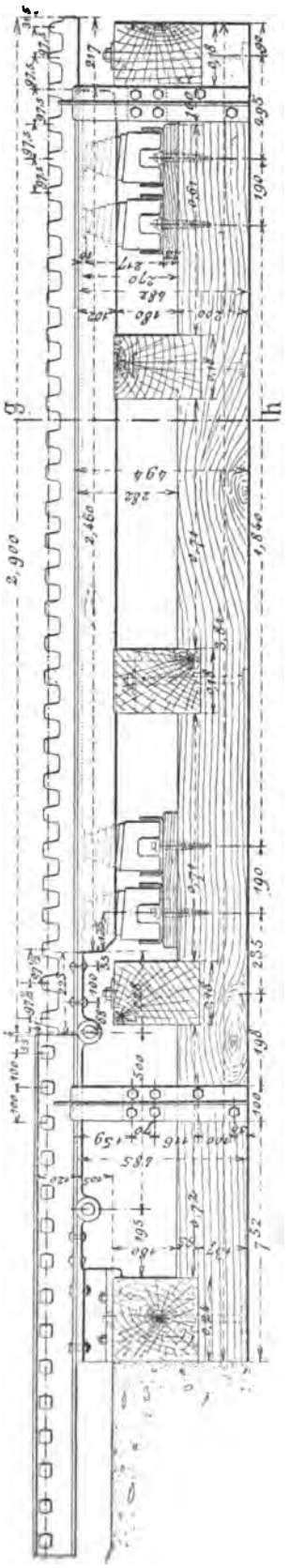


Fig. 173. — Pièce d'entrée, type de Langres. — Élévation longitudinale (Échelle 1/20).

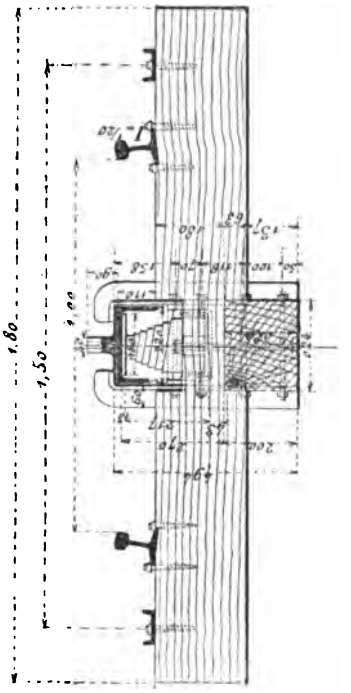


Fig. 174. — Pièce d'entrée, type de Langres. — Coupe suivant gh (Échelle 1/20).

autant que possible, on les réserve pour les sections exploitées par simple adhérence.

Lorsqu'on est obligé de recourir aux changements de voie sur les lignes à crémaillère, on emploie, outre le système des aiguilles usitées sur les lignes ordinaires, des éléments de crémaillère mobile aux points de croisement des rails par les crémaillères ; on adopte toujours, dans ce cas, une crémaillère à dents découpées dans une barre d'acier.

Entrée de la crémaillère. — Sur les lignes mixtes, les machines ne peuvent pas passer sans transition de la voie à adhérence sur la voie à crémaillère ; d'abord, il en résulterait des chocs désagréables pour les voyageurs ; en outre, l'engrènement pourrait ne pas se produire. Il faut donc une pièce spéciale d'entrée, qui ménage la transition et assure l'engrènement.

Dans le système Riggenbach, ce résultat est obtenu de la manière suivante :

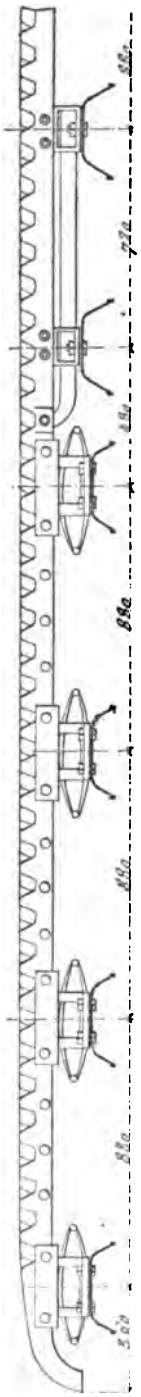


Fig. 175. — Pièce d'entrée, type de Viège-Zermatt.

Un tronçon de crémaillère, mobile autour d'un axe horizontal et supporté par des ressorts, est placé en avant de la crémaillère fixe (fig. 173-174). La denture de la pièce mobile a un pas légèrement plus petit que celui de la crémaillère fixe et de la roue dentée (97 mm 5 au lieu de 100 mm). En outre, les mécanismes des essieux moteurs à adhérence ordinaire et de la roue dentée sont solidaires. Dès lors, si à l'entrée, une dent de cette roue aborde un plein de la crémaillère mobile, l'engrènement ne se produit pas et la pièce mobile s'abaisse sur ses ressorts ; mais, en raison de la différence des pas (2 mm 5), il arrive bientôt un moment où une dent de la roue se trouve en face d'un vide de la crémaillère mobile ; à ce moment, les ressorts relèvent la pièce d'entrée et l'engrènement se produit.

La différence de pas entre la roue dentée et la pièce d'entrée facilite l'engrènement ; mais elle a l'inconvénient de produire des glissements sur toute la longueur correspondant à cette pièce, qui a environ 3 mètres.

Cet inconvénient n'existe pas avec la crémaillère Abt. Dans ce système, en effet, comme nous le verrons plus loin, le mouvement des roues dentées est indépendant de celui des roues à adhérence ; les premières ne tournent donc pas dans les sections où il n'y a pas de crémaillère. Au moment où la locomotive arrive au dessus de la pièce d'entrée (fig. 175), formée par une crémaillère mobile et portée sur des ressorts, la roue dentée vient frapper contre le patin courbe qui termine la pièce d'entrée et celle-ci s'abaisse sur ses ressorts. Dès lors, deux cas peuvent se présenter :

1° La résistance du mécanisme moteur de la roue dentée est supérieure au frottement de la dent sur le patin de la pièce d'entrée ; dans ce cas, la roue dentée ne tourne pas, elle glisse jusqu'à ce que la dent tombe dans le premier vide de la crémaillère et l'engrènement a lieu. Ce cas est le plus fréquent.

2° La résistance du mécanisme moteur est inférieure au frottement de la dent sur le patin de la pièce d'entrée ; dans ce cas, la roue dentée tourne en s'appuyant sur la tête des

dents de cette pièce. Mais la distance d'axe en axe des dents de la crémaillère d'entrée est égale au pas de l'engrenage, tandis que la distance d'axe en axe des dents de la roue dentée, mesurée suivant sa circonférence, est au contraire supérieure au pas; par suite, chaque dent de la roue s'appuie successivement un peu plus en arrière sur la dent correspondante de la crémaillère. Au bout d'une très petite distance, la dent de la roue rencontre un vide, la crémaillère se relève et l'engrènement a lieu.

On voit que, dans ce système, la pièce d'entrée a le même pas que la crémaillère courante. On évite ainsi les glissements qui se produisent à l'entrée dans le système Riggenbach. Ce n'est que lorsque la crémaillère est en prise avec la roue dentée, ou plutôt un petit instant auparavant, que le mécanicien envoie de la vapeur dans les cylindres spéciaux qui commandent cette roue. On évite ainsi tout choc à l'entrée.

Dans tous les cas, il est indispensable de ralentir à l'entrée et à la sortie des sections en crémaillère et il est bon de placer ces points spéciaux de raccordement en palier ou dans une faible déclivité.

Le système Locher ne comporte pas, jusqu'à présent, de pièce d'entrée en crémaillère, puisqu'il n'a été appliqué qu'au mont Pilate, où la crémaillère est continue; il n'est pas douteux qu'on pourrait, sur les lignes mixtes, y adapter des dispositions analogues à celles que nous venons de décrire.

Tracé. — La souplesse du tracé au point de vue des courbes dépend d'abord, sur les lignes à crémaillère comme sur les autres, de l'écartement des essieux extrêmes et de la largeur de la voie. Il y a, en outre, à tenir compte des difficultés particulières que présente l'emploi de la crémaillère dans les courbes prononcées.

Si l'on veut éviter d'avoir à se servir de pièces spéciales en courbe, ce qui est une sujétion gênante, il faut faire en sorte que l'obliquité des dents de la roue et de la crémaillère ne soit pas trop grande et que la différence de développement des côtés extérieur et intérieur de la crémaillère en courbe puisse être rachetée par le joint. Les tronçons de crémaillère ont, en général, une longueur de 3 mètres; l'espacement des échelons est de 100^{mm} environ et la largeur de la crémaillère de 120^{mm}. Dans ces conditions, il est bon de ne pas faire descendre le rayon des courbes au dessous de 100 mètres.

Au Rigi, avec la voie normale, le rayon minimum est de 180^{m}; avec la voie de 1 mètre, on a admis, sur la ligne de Langres, des rayons de 120 mètres et, sur la ligne de Viège-Zermatt, des rayons de 100 mètres. Sur le tramway à voie de 1 mètre de Saint-Gall à Gais, on a adopté en crémaillère des courbes de 30 mètres de rayon, mais on a dû recourir à des artifices spé-

ciaux : indépendamment de la convergence des essieux, réalisée par un système particulier d'articulation, on a permis à la roue dentée de l'essieu à crémaillère un déplacement de 55^{mm} à droite et à gauche de sa position moyenne.

En ce qui concerne les déclivités, nous avons déjà fait connaître que la limite inférieure de l'emploi de la crémaillère est de 40 à 50^{mm}; au dessous de ce chiffre, l'adhérence suffit amplement. Quant à la limite supérieure des rampes, elle est de 250 à 300^{mm} avec les crémaillères Riggenbach et Abt, pour le motif que nous avons indiqué; l'emploi du système Locher permet l'adoption de rampes, allant jusqu'à 480^{mm}. Il faut toutefois remarquer que l'on ne peut pas faire varier les déclivités, d'une manière absolument arbitraire, attendu que les machines et le matériel roulant ne peuvent pas se prêter, sans inconvénient, à de trop fortes différences d'inclinaison. En outre, il ne faut pas s'étonner qu'avec des rampes aussi fortes, l'effet utile de la machine soit considérablement réduit; c'est ainsi qu'au Rigi (rampes de 250^{mm}), la machine ne remorque qu'une charge égale à la moitié environ de son poids.

Machines. — Les premières machines construites par M. Riggenbach étaient à roues porteuses libres; la roue dentée supportait seule l'effort de traction. Plus tard, ces machines ont été modifiées de manière à utiliser l'adhérence des roues porteuses et à les faire contribuer à augmenter l'effort de traction; dans ce but, la roue dentée et les roues porteuses ont été rendues solidaires et leurs mouvements commandés par le même mécanisme.

Cette solidarité n'est pas sans inconvénients : les différentes roues doivent fournir des rotations égales, sous peine de glissement et, par suite, avoir exactement le même diamètre, ce qui n'est jamais réalisé en service, en raison de la différence d'usure des deux systèmes de roues. Il y a donc toujours des glissements. En outre, et ce deuxième inconvénient est plus grave que le premier, sur les lignes mixtes, ces machines doivent pouvoir prendre des vitesses de marche très différentes suivant qu'elles sont sur une section à adhérence simple ou sur une section à crémaillère; or les dispositions du moteur ne peuvent pas être établies de manière à produire le maximum de travail utile, à la fois en faible vitesse (en crémaillère) et à une vitesse double ou triple (sur les sections à adhérence).

Ces inconvénients ont conduit M. Abt à l'étude d'une machine portant deux mécanismes moteurs distincts, dont l'un pour les roues dentées et l'autre pour les roues à adhérence; la machine est munie de quatre cylindres.

On peut donc distinguer trois types de machines à crémaillère :

1° Les *machines simples*, destinées seulement aux lignes entièrement à crémaillère, dans lesquelles la roue dentée est seule commandée par les pistons moteurs. (Exemples : machines du Rigi et du mont Pilate.) Ces machines sont légères et remorquent de très faibles charges à de très petites vitesses.

2° Les *machines mixtes*, destinées aux lignes qui comprennent à la fois des sections à adhérence et à crémaillère, dans lesquelles les pistons moteurs commandent à la fois les roues porteuses et la roue dentée. Ces machines sont un peu plus lourdes que les précédentes et peuvent remorquer de plus fortes charges.

3° Les *machines à deux mécanismes*, destinées également aux lignes mixtes et qui permettent de marcher en vitesse sur les sections à simple adhérence.

Machines simples. — Les machines du Rigi, en service depuis 1884, ont un poids de 14 tonnes à vide, de 17 tonnes en marche ; elles comportent une chaudière à peu près horizontale portée sur deux essieux distants de 3 mètres. Les roues porteuses sont folles sur leurs essieux; les pistons, de 0^m 270 de diamètre et de 0^m 400 de course, actionnent une roue dentée motrice de 0^m 636 de diamètre. La vitesse des machines est fixée à 1^m 77 par seconde (6 kilomètres 4 à l'heure environ) tant à la montée qu'à la descente ; elles peuvent, à cette vitesse, remorquer un poids de 9 tonnes sur des rampes de 250^{mm}. Elles sont toujours placées à la partie inférieure du train, de manière à le pousser à la montée et à le retenir à la descente, ce qui évite tout effort de traction sur les attelages.

La machine du mont Pilate, la plus récemment construite des machines du premier groupe, est placée dans la voiture même qu'elle doit faire mouvoir et à sa partie inférieure. Elle comporte une chaudière tubulaire qui, à cause du taux élevé des rampes, a son axe placé horizontalement et dans un plan perpendiculaire à l'axe de la voie, afin d'éviter les variations du niveau de l'eau. Le poids total de la voiture en service, avec 31 personnes, est de 10 500 kilogr. ; la machine, non compris le poids de ses approvisionnements, entre dans ce poids pour 6 500 kilogr. Les roues dentées, placées dans un plan parallèle à la voie, ont un diamètre de 0^m 409 et sont commandées, au moyen de renvois d'engrenage, par deux pistons de 0^m 300 de course et de 0^m 220 de diamètre. Le poids utile remorqué est de 5 500 kilogr. et la vitesse, de 1 mètre par seconde, soit 3 kilomètres 6 à l'heure.

Cette machine, comme celles du Rigi, comporte trois espèces de freins : un frein à air comprimé, système Riggenbach, qui fonctionne constamment pour modérer la vitesse à la descente ; deux freins énergiques à friction,

destinés à arrêter le train en cas de rupture de la crémaillère ou du mécanisme de la roue dentée. Au mont Pilate, l'un de ces derniers freins comporte une commande automatique, qui le fait agir dès que la vitesse dépasse 1^m 30 par seconde.

Le frein à air comprimé fonctionne d'une manière ingénieuse : il consiste simplement dans l'emploi de la marche à contre-vapeur pendant la descente, la machine allant à reculons et l'appareil de changement de marche restant placé sur « marche-avant ». Dès lors, les cylindres font office de pompes, aspirant dans le tuyau d'échappement et refoulant dans le tuyau de prise de vapeur. Seulement, un robinet permet de fermer la communication entre la boîte à fumée et l'échappement, et d'envoyer dans les cylindres de l'air pur, aspiré dans l'atmosphère; cet air est ensuite refoulé, non pas dans la chaudière, comme dans la marche à contre-vapeur, mais dans un petit tuyau spécial qui vient déboucher à l'air libre sous les pieds du mécanicien. Un robinet à volant, placé sur ce tuyau, à portée de la main du mécanicien, lui permet de diminuer ou d'augmenter la pression de l'air dans les pistons et de modérer la marche; la fermeture complète du robinet produit l'arrêt. On a soin, pendant que les cylindres fonctionnent comme pompes de compression, d'y envoyer un jet d'eau froide, pour les empêcher de s'échauffer.

En somme, les machines du Rigi et du Pilate sont des types exceptionnels, destinés à répondre à un programme tout à fait spécial, celui du chemin de fer des montagnes escarpées ; elles sont moins répandues que les machines des deux autres genres, qui peuvent circuler sur des lignes à adhérence et à crémaillère.

Machines mixtes. — Comme exemple des machines du second groupe, nous citerons celle du chemin de fer de Langres, représentée par la figure 176[1].

Cette machine pèse 12400 kilogr. à vide et 15600 kilogr. en ordre de marche et peut remorquer, à la vitesse de 10 kilomètres, un train de 12 tonnes 5 sur les rampes de 172^{mm}, que comporte le tracé.

Elle est portée sur deux essieux distants de 1^m 85; les deux cylindres sont extérieurs et agissent par des bielles sur un arbre intermédiaire J, dont les coussinets sont fixés à la partie supérieure des longerons; cet arbre porte deux pignons symétriquement placés par rapport au plan diamétral de la machine et engrenant avec deux autres pignons plus grands, qui flanquent la roue dentée motrice. Enfin, l'arbre de cette dernière porte deux manivelles extérieures par lesquelles il entraîne, au moyen de bielles d'accouplement, les deux essieux moteurs.

1. *Nouvelles annales de la construction*, mars 1888.

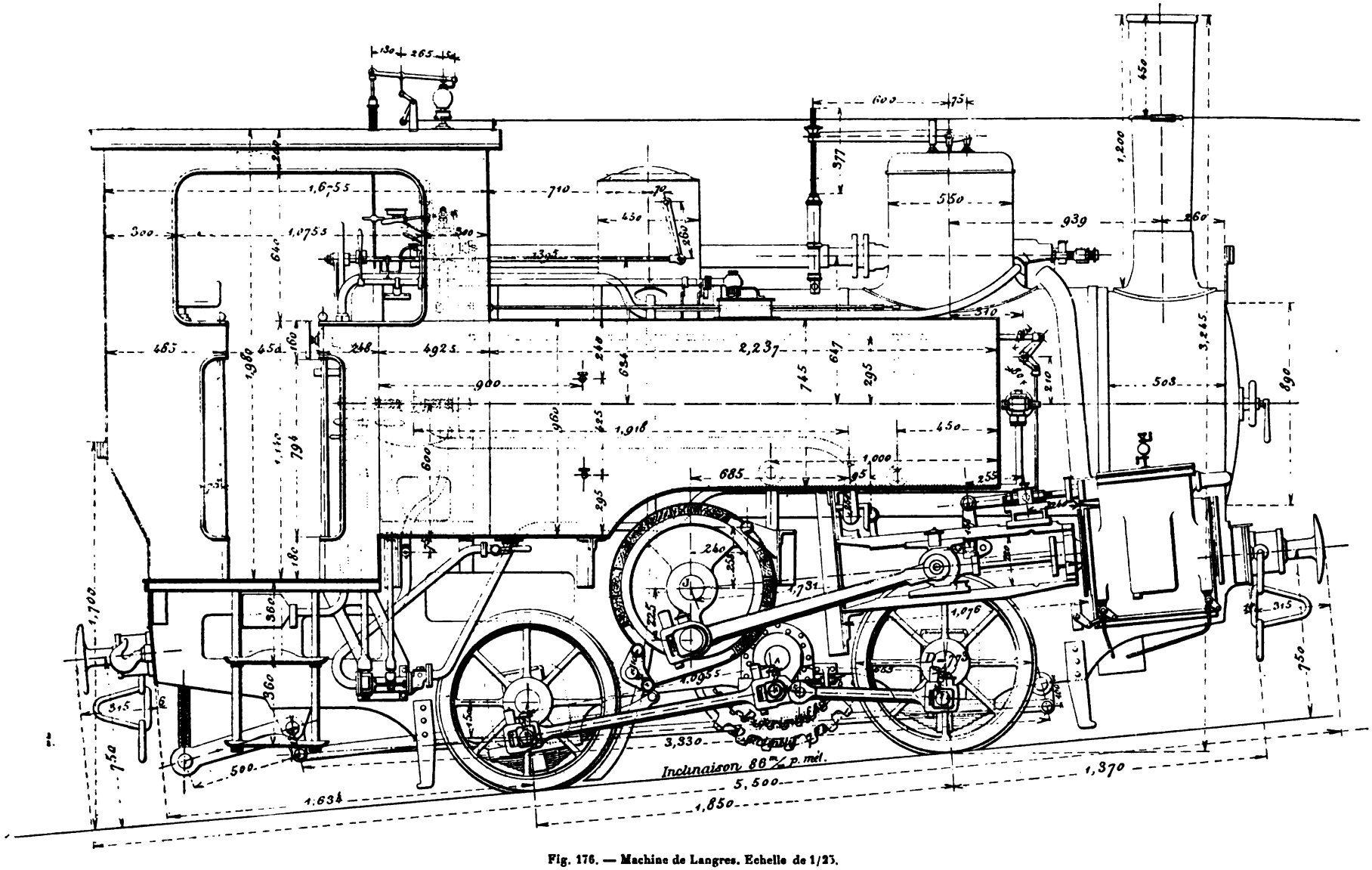


Fig. 176. — Machine de Langres. Echelle de 1/25.

Le rapport du nombre de tours de l'arbre intermédiaire J au nombre de tours de la roue motrice est de 1,74, ce qui a permis de donner aux pistons une vitesse plus favorable à la bonne utilisation de la vapeur que si ces pistons avaient agi directement sur la roue dentée. En effet, avec le diamètre de 0^m 773 adopté pour les roues porteuses, et à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure qui est celle des trains de la ligne, ces roues ne font que 69 tours par minute; en multipliant ce nombre par 1,74 et en faisant faire 120 tours à l'arbre J, on a certainement amélioré les conditions de fonctionnement de la machine.

Il y a, comme au Rigi, trois freins différents : l'un, à air comprimé, sert couramment à modérer et à régler la vitesse de marche à la descente; les deux autres freins de sûreté et d'arrêt sont manœuvrés à la main et fonctionnent, l'un par friction sur les gorges de deux poulies clavetées aux extrémités de l'arbre J, l'autre en agissant par des poulies cannelées sur l'essieu porteur d'avant; ce dernier ne peut servir que sur les parties de voie à crémaillère.

Nous résumons ci-dessous les principales conditions d'établissement de cette machine :

Surface de grille	0^{m2} 76
Surface de chauffe	36^{m2} 20
Timbre de la chaudière	11^k
Diamètre des roues adhérentes	0^m 773
Diamètre primitif de la roue dentée	0^m 764
Nombre de dents	24
Empattement	1^m 850
Diamètre des cylindres	0^m 280
Course des pistons	0^m 450
Longueur de tampon en tampon	5^m 500
Largeur maxima	2^m 070
Poids à vide	12^t 400
Poids en service	15^t 600

Jusque sur des rampes de 30^{mm}, cette machine fonctionne par adhérence; elle n'y est pas d'ailleurs exposée à patiner, car l'effort de traction limite est de 2000 kilogr. environ, avec un coefficient d'adhérence de $\frac{1}{7}$, tandis que l'effort de traction réel n'atteint pas 1 100 kilogr.

D'après M. Lévy-Lambert, les bandages des roues porteuses au chemin de fer de Langres s'usent très rapidement et se creusent en gorge; ce fait paraît tenir en grande partie à l'inégalité qui existe entre les diamètres primitifs de la roue dentée et des roues porteuses. Mais cette inégalité est

nécessaire, parce que ces dernières s'usent plus vite et arrivent peu à peu à être égales à la roue dentée motrice. L'influence des courbes doit être également fort sensible, car, avec ce type de machine à un seul mécanisme, les roues porteuses sont soumises à un fort glissement dans les courbes raides.

Machines à deux mécanismes. — Ce genre de machines a été employé pour la première fois par M. Abt, en 1885, sur la ligne de Blankenburg à Tanne, dans le Harz. Depuis, le type du Harz est devenu pour ainsi dire classique, et un grand nombre de machines semblables ont été mises en service, tant sur des crémaillères Abt que sur des crémaillères à échelons.

Les machines du Harz sont, par rapport aux autres locomotives à crémaillère, des machines très puissantes, qui peuvent remorquer un poids utile de 135 tonnes, sur une rampe de 60^{mm}, à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure.

Elles sont portées par quatre essieux, dont trois accouplés à l'avant et un essieu porteur à l'arrière, à articulation de Bissel, pour leur permettre de passer facilement dans les courbes de 250 mètres de rayon que comporte la ligne (voie normale).

Les cylindres sont au nombre de quatre ; les cylindres du mécanisme à adhérence sont extérieurs ; ceux du mécanisme à crémaillère sont intérieurs. Il y a deux roues dentées placées l'une derrière l'autre et accouplées par une bielle ; chacune d'elles ne supporte que la moitié de l'effort total, qui est très élevé.

L'ensemble de chaque roue dentée est enserré entre deux poulies de frein, dont le pourtour est cannelé, et un frein spécial agit sur ces roues. La machine est également munie d'un frein à air comprimé, genre Riggenbach.

Nous résumons ci-dessous les principales conditions d'établissement de ces machines.

Surface de grille		1^{m2}80
Nombre des tubes		251
Longueur des tubes		4^{m}05
Surface de chauffe	foyer	8^{m2}305
	tubes	127^{m2}739
	totale	136^{m2}044
Pression de la vapeur		10 atmosph.
Mécanisme à adhérence	Diamètre des cylindres	0^{m}450
	Course des pistons	0^{m}400
	Diamètre des roues motrices	1^{m}250
	— porteuses	0^{m}750
Mécanisme à crémaillère	Diamètre des cylindres	0^{m}300
	Course des pistons	0^{m}600
	Diam^{tre} primitif des roues dentées	0^{m}573
Poids de la machine en service		55 tonnes

On voit que ce type de machines, dont il existe un assez grand nombre d'exemples, avec des poids moindres sur les lignes à voie de 1 mètre, sont étudiées de manière à assurer l'indépendance absolue entre les deux mécanismes et à pouvoir marcher, soit lentement en crémaillère, soit avec une certaine vitesse sur les sections à simple adhérence.

En résumé, ce qui distingue principalement les locomotives à crémaillère des machines ordinaires, c'est leur légèreté relative pour la même surface de chauffe; cette condition résulte de leur construction et de leur mode d'emploi. On est conduit, en effet, à rendre ces machines aussi légères que possible, d'abord, parce qu'elles comportent des organes plus nombreux et plus pesants que les machines ordinaires, ensuite, parce que leur poids mort n'est utilisé que d'une manière accessoire pour l'adhérence et que, par suite, il y a intérêt à le réduire au minimum.

Cette légèreté relative est surtout notable pour les machines simples; les machines mixtes sont encore assez légères : les machines à deux mécanismes sont notablement plus lourdes.

D'après M. Lévy-Lambert, les trois types de machines sont, à ce point de vue, caractérisées comme il suit :

	Poids à vide	Surface de chauffe	Poids par m. q. de surface de chauffe
Witznau-Rigi.	14 000^{k}	48^{m2}	291^{k}
Langres	12 400	36,2	345
Harz.....	47 500	136 »	349

Les machines tenders, destinées au service des gares de la Compagnie P.-L.-M., pèsent 370 kilogr. par mètre carré de surface de chauffe.

Les machines à crémaillère ont donc des tubes courts, une vaporisation très active et une surface de chauffe très efficace.

Par contre, le combustible y est mal utilisé : c'est une conséquence du peu de longueur des tubes.

Aussi le prix de revient de la traction y est-il fort élevé. D'après M. Riggenbach, les machines de son système consomment de 2 kilogr. à 2 kilogr. 500 de charbon par cheval et par heure. Le prix de traction est de 2 à 3 fr. par train-kilomètre.

Une autre particularité des machines à crémaillère, c'est qu'elles doivent pouvoir prendre des inclinaisons très variées et qu'il faut, par suite, les disposer de manière que les variations du plan d'eau n'aient pas d'inconvénient. On y arrive, d'abord en mettant beaucoup d'eau au dessus du ciel du foyer et ensuite en plaçant l'axe de la chaudière de telle sorte qu'il soit horizontal quand la machine est sur la déclivité moyenne de la ligne; on

diminue ainsi de moitié les oscillations du plan d'eau. Il faut, en tout cas, que le mécanicien apporte une attention soutenue et un soin particulier à la surveillance du niveau de l'eau.

Enfin, comme nous l'avons vu, ces machines sont munies de freins puissants, destinés à agir en cas de rupture de la crémaillère ou de la roue dentée; de plus, elles sont retenues constamment à la descente par un frein à air comprimé analogue à la contre-vapeur.

Matériel roulant. — Il y a peu de choses à dire du matériel roulant des lignes à crémaillère : la condition la plus importante qu'il doit remplir est d'être léger. La réduction du poids mort s'impose, en effet, pour le matériel roulant comme pour les machines.

Au Vitznau-Rigi, où les voitures sont ouvertes et portées sur deux essieux, le poids mort est seulement de 74 kilogr. par place offerte; au mont Pilate, où le service est fait par une voiture ouverte automobile portée sur deux bogies, il est de 178 kilogr.; sur la ligne de Langres, il varie de 102 à 226 kilogr. suivant les types de voitures.

Sur cette dernière ligne, pour pouvoir plus facilement faire passer le matériel dans les courbes de 60 mètres de rayon, on n'a claveté qu'une des deux roues sur l'essieu; l'autre roue tourne librement comme celles des voitures ordinaires.

Sur les lignes des montagnes, au Rigi et au Pilate, des précautions spéciales devront être prises pour empêcher le renversement des wagons par les ouragans; dans ce but, on a muni les voitures du Rigi de griffes en fer qui courent sous l'aile supérieure des fers en] de la crémaillère et qui retiennent les voitures en cas de soulèvement par le vent; au Pilate, une disposition un peu différente a été adoptée : à l'avant de la voiture, on a placé de longs sabots qui embrassent la tête du rail et s'opposent à toute tendance au renversement.

Exploitation. — Quelques remarques spéciales sont à faire en ce qui concerne l'exploitation des lignes à crémaillère.

En premier lieu, la vitesse des trains y est toujours réduite; c'est, comme nous l'avons vu, une des conditions de l'emploi du système. Cette vitesse varie nécessairement avec le profil des lignes; en voici quelques exemples :

Mont Pilate	Vitesse de 4 kil. à l'heure.
Rigi	— 6 —
Langres, Harz	— 10 —

Dans les parties à simple adhérence, la vitesse est réglée comme sur les lignes ordinaires.

Les machines sont toujours placées en queue des trains à la montée et en

tête à la descente, de manière à pousser les wagons dans le premier cas et à les retenir dans le second; on évite ainsi, comme nous l'avons dit, tout effort de traction sur les attelages.

Les dépenses d'exploitation des lignes à crémaillère sont toujours élevées, à cause des rampes considérables qu'elles franchissent. D'après M. Lévy-Lambert, la dépense du train-kilomètre s'est élevée à 11 fr. 75 en 1879 sur la ligne de Vitznau-Rigi et à 6 fr. 90 en 1889, sur celle du mont Pilate; ces chiffres correspondent respectivement à 28 000 fr. et 24 000 fr. par kilomètre de ligne.

Sur la ligne de Langres, les dépenses atteignent 35 300 fr. par kilomètre; mais il faut considérer que le service a lieu jour et nuit et que l'exploitation est, par suite, très active : ce chiffre correspond à 2 fr. 30 par train-kilomètre (non compris l'annuité de renouvellement du matériel roulant).

Quant aux tarifs, ils sont très variables et fixés, non pas d'après la longueur parcourue, mais plutôt d'après la hauteur franchie, ce qui est très normal, puisque c'est cette hauteur qui cause l'augmentation des dépenses de traction.

Au Vitznau-Rigi, le prix du voyage aller et retour est de 10 fr. 50 (longueur, 7 kilomètres; hauteur franchie, 1 929 mètres).

Au mont Pilate, il est de 16 fr. (longueur 4 kilomètres 5; hauteur, 1 636 mètres).

A Langres, il est de 0 fr. 85 (longueur, 1 kilomètre 5; hauteur, 132 mètres).

Dépenses de construction. — D'après M. Bricka, la dépense d'établissement d'une ligne à crémaillère peut être évaluée au prix d'une ligne ordinaire, construite suivant le même tracé, avec une majoration de 30 000 à 40 000 fr. par kilomètre pour la crémaillère et ses accessoires.

Si l'on ne tient pas compte des chemins du Rigi et du Pilate, qui sont exceptionnels, la dépense kilométrique des lignes établies actuellement, varie de 150 000 à 300 000 fr. environ.

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR	DÉPENSES par kilomètre.	OBSERVATIONS
Ligne de Langres (voie de 1m)	1 472m	338 000f	
Ligne de Hoellenthal (voie de 1m 435)	24 750m	225 000f	
Ligne du Harz (voie de 1m 435)	27 500m	180 700f	
Ligne de Viège-Zermatt (voie de 1m)	35 800m	148 500f	
Ligne du Brünig (voie de 1m)	5 800m	144 800f	
Ligne de Saint-Gall à Gais (voie de 1m)	14 008m	137 627f	12 500m sur accotement de route.

Les lignes du Rigi (voie de 1m 435), ont coûté, celle de Vitznau-Rigi, 320 430 fr., celle de Arth-Rigi, 558 120 fr. par kilomètre. La ligne du Pilate (voie de 0m 80) a coûté 478 000 fr. par kilomètre.

CHAPITRE II

CHEMINS DE FER FUNICULAIRES

Considérations générales. Historique. — Classification. — Chemins de fer à mouvement alternatif. — Chemins de fer à câble continu et à véhicules indépendants.

Considérations générales. Historique. — L'emploi de la crémaillère permet, ainsi que nous l'avons vu, de gravir à faible vitesse des rampes qui seraient inabordables au moyen de la simple adhérence, mais l'effet utile de la locomotive est dans ces conditions très réduit. D'après ce qui précède, les charges remorquées sur quelques lignes à crémillère sont les suivantes :

Au Vitznau Rigi, une machine de 14^t à vide remorque un poids de 7^t sur des rampes de 250^{mm} à la vitesse de $6^k 4$.
Au mont Pilate, le poids de la machine est de $6^t 5$, le poids utile remorqué, de $5^t 500$ sur des rampes de 480^{mm} à la vitesse de $3^k 6$.
A Langres, une machine de $12^t 400$ remorque un poids à peu près égal au sien ($12^t 500$) sur des rampes de 172^{mm} à la vitesse de 10^k.

Le poids remorqué est, comme on le voit, à peine égal au poids de la machine; au Vitznau-Rigi, il n'est que la moitié de ce poids.

Il semble donc qu'il y aurait grand intérêt, sur les lignes à fortes rampes, à ne pas être obligé d'élever le moteur en même temps que le train et, par suite, à recourir à la traction au moyen de machines fixes. C'est de cette idée que sont nés les chemins de fer funiculaires ou à traction par câble.

Examinons quels sont les avantages théoriques de ce mode de traction.

1. Principaux ouvrages à consulter :
Étude des chemins de fer funiculaires, par A. Vautier. — Paris, 1892.
Divers articles de la *Revue générale des chemins de fer*. — Années 1880, 1882, 1890.
Cours de chemins de fer professé à l'Ecole des ponts et chaussées, par M. Bricka.

En premier lieu, on réalise l'économie de travail correspondant à l'élévation du moteur sur la rampe à gravir.

En outre, on peut faire circuler en même temps sur la ligne un train descendant et un train montant et utiliser ainsi pour la remorque du second train le poids du premier; la dépense de travail se réduit donc à celui qui correspond à la différence des deux poids et aux résistances passives.

Malheureusement, ces dernières prennent rapidement une importance considérable dès que la ligne atteint une certaine longueur, et de plus, l'entretien du câble, qui s'use vite, devient très coûteux.

Il en résulte que l'application de ce système n'est réellement pratique que pour des lignes d'une faible longueur; en fait, ce n'est que sur des sections fort courtes qu'il est employé.

Il y a lieu de signaler encore, comme caractère particulier du système funiculaire, que l'élévation des déclivités, loin d'être un obstacle à son emploi, est plutôt un avantage, puisqu'elle a pour effet d'augmenter la tension du câble et, par suite, de diminuer les frottements et les résistances passives. En outre, dans les montagnes, on trouve souvent des chutes d'eau qui fournissent presque sans frais la force motrice nécessaire pour la traction des trains sur les lignes funiculaires.

D'après M. Vautier, le premier emploi de ce système pour le transport des voyageurs et des marchandises paraît être celui d'un plan incliné à 2 % de pente, qui faisait partie de la première ligne de chemin de fer à locomotives, ouverte entre Liverpool et Manchester, en 1830.

Les locomotives de cette époque ne gravissaient guère que des rampes de 10^{mm}, ce qui justifiait l'emploi d'un câble et d'une machine fixe dans cette section.

Depuis cette époque et grâce aux progrès considérables réalisés dans la fabrication des câbles, on est arrivé à employer la traction funiculaire pour les voyageurs sur des rampes extrêmement élevées. Nous citerons, d'après M. Vautier, les exemples suivants :

La ligne funiculaire de Lyon à la Croix-Rousse, inaugurée en 1862, qui présente une rampe de 160^{mm} et une longueur de 489 mètres, pour le service des voyageurs.

Les lignes de San-Francisco, construites en 1873, pour le service des voyageurs et comportant des déclivités de 160 à 190^{mm}.

Le funiculaire de Lausanne à Ouchy, ouvert en 1877, qui a 1 500 mètres de longueur et 120^{mm} de pente; le Lausanne-gare, juxtaposé au premier, avec la même pente et une longueur de 324 mètres. Ces deux chemins transportent voyageurs et marchandises.

Le chemin de fer du Giessbach, près du lac de Brienz, inauguré en 1880, qui a 346 mètres de longueur et une pente de 320^{mm} [1].

Le chemin du Vésuve, de 900 mètres de longueur, avec une pente de 630^{mm}.

Le chemin de Territet à Glion, près de Montreux, inauguré en 1883 ; longueur 674 mètres, pentes variant de 400 à 570^{mm}.

Un très grand nombre de lignes de ce système existent aux États-Unis d'Amérique, en Portugal, en Suisse; l'Allemagne, l'Italie et la France l'appliquent également.

On peut encore citer, en France, la ligne de Lyon à Fourvières et à Saint-Just [2] et le tramway de Rives à Thonon (Haute-Savoie) [3].

Le système funiculaire a donc pris un très grand développement pour remorquer les trains sur de fortes déclivités.

Ajoutons que, dans l'intérieur des villes, il offre une solution très heureuse de la traction des tramways, alors que l'emploi de la locomotive y présente souvent des inconvénients et même des dangers.

Classification. — Le système funiculaire peut être appliqué de deux manières très différentes et les lignes qui l'emploient, divisées en deux groupes distincts, savoir : les lignes *à câble alternatif* et les lignes *à câble sans fin*.

Dans le premier système, le câble passe sur une poulie établie au point le plus haut du tracé et s'attache par chacune de ses extrémités à un train ; l'un de ces trains monte pendant que l'autre descend et la longueur du câble est telle que, lorsque l'un des trains est en haut du tracé, l'autre doit se trouver en bas. La tension du câble n'est ici obtenue que par le poids des trains, et le profil en long de la ligne ne doit pas comporter de contre-pente.

Ce système convient bien aux lignes de faible longueur et à fortes déclivités ; il est appliqué à Lyon, à Lausanne, au Giessbach, au Territet-Glion, à Thonon et sur la plupart des lignes des Alpes.

Dans le second système, un câble sans fin est animé d'un mouvement uniforme et les véhicules, répartis sur toute sa longueur, peuvent, à volonté, participer au mouvement du câble ou s'arrêter. Ici, le câble est toujours tendu, soit par le poids des véhicules, soit par un tendeur spécial, et le profil en long peut présenter des pentes et des contre-pentes. En outre, ce mode d'emploi de la traction funiculaire permet d'avoir un grand nombre

1. La description en est donnée dans la *Revue générale des chemins de fer*, juin 1880.
2. *Revue générale des chemins de fer*, août et septembre 1882.
3. *Revue générale des chemins de fer*, mai 1890.

de wagons en mouvement à la fois sur des points différents du tracé : il se prête, par suite, à un trafic considérable et convient très bien pour les tramways urbains.

Chemins de fer a mouvement alternatif. — Le moyen le plus simple d'établir un chemin de fer dans ce système est le suivant :

A chaque extrémité d'un câble, passant sur une poulie en haut d'un plan incliné, on attelle un train formé d'un ou plusieurs wagons. Dans l'un des wagons de chaque train on dispose une caisse étanche, que l'on remplit d'eau lorsque ce wagon est en haut du tracé et que l'on vide lorsqu'il arrive en bas. La différence de poids produit le mouvement, sans qu'il soit besoin d'employer aucun organe de transmission de force. Les deux trains se croisent au milieu de leur trajet et, pendant leur mouvement, ils sont toujours symétriquement placés par rapport à ce point de croisement.

C'est un système simple et économique : il est d'un emploi fréquent dans les montagnes, où l'on dispose souvent de chutes d'eau, dont le débit est suffisant pour assurer le service d'une manière continue.

C'est ainsi qu'a été établie la ligne qui va du lac de Brienz à la cascade du Giessbach, dans l'Oberland bernois.

Cette ligne, construite par M. Riggenbach, est munie en outre d'une crémaillère, qui sert comme moyen de sûreté et aussi pour la remonte de wagonnets à marchandises mus à bras.

Elle est à voie de 1^m de largeur; sa longueur est de 346^m 15 et son profil en long présente, de bas en haut, les rampes suivantes :

240^{mm}	sur	12 mètres	de longueur.
280	—	302,15	—
320	—	12	—

L'eau est prise en haut dans un réservoir alimenté par la cascade du Giessbach et on la vide, en arrivant en bas, dans le lac de Brienz. La ligne est à voie unique et en alignement droit, sauf au croisement qui comporte une double voie de 50 mètres de longueur.

Souvent, on ne rencontre pas, au sommet du tracé, une source d'eau capable de fournir d'une manière constante à l'exploitation de la ligne. Dans ce cas, le système à contrepoids d'eau n'est plus applicable. On remplace alors la poulie par un tambour sur lequel s'enroule le câble et le mouvement est produit, soit par une machine à vapeur, comme à Lyon-Croix-Rousse, soit par une turbine, comme à Lausanne-Ouchy, soit par des dynamos actionnés eux-mêmes par un moteur hydraulique, comme au Burgenstock.

Dans ces différents cas, il y a deux hypothèses à examiner. Si le profil en long ne comporte qu'une seule pente, le travail à produire est constant, puisqu'il correspond à la différence des poids montant et descendant, augmentée des résistances passives, qui sont elles-mêmes constantes. Si, au contraire, la ligne comporte des déclivités notablement différentes, le travail à produire varie, puisque la différence des poids montant et descendant donne des composantes inégales sur des pentes qui n'ont pas la même valeur; il peut en résulter une augmentation importante du travail à produire et une variation d'effort gênante pour le service de la machine.

Sur la ligne de Lyon à Fourvière et à Saint-Just, qui comporte deux sections de longueur égale, dont l'une est en pente de 200mm et l'autre en pente de 60mm, voici comment on a résolu la difficulté : un wagon compensateur d'un poids convenable circule seulement sur la forte déclivité et on l'attache par un câble aux wagons qui font le service sur la déclivité faible; le point de croisement des trains montant et descendant se trouve dans une gare, et on profite de l'arrêt pour changer l'attache du câble qui remorque le wagon compensateur.

La figure schématique 177 rend compte de cette disposition. Soit A le train montant, B le train descendant, amarrés aux deux extrémités du câble qui s'enroule sur le tambour T. Le wagon compensateur C est relié au wagon B par un câble spécial d'une longueur égale à la demi-longueur de la ligne. Le wagon B, en descendant, laisse également descendre, sous l'action de la pesanteur, le wagon C qui part de la gare de Fourvière, quand le wagon B part de Saint-Just. Le poids du wagon C est calculé de telle façon qu'ajouté à celui du wagon B, il équilibre à peu près celui du wagon A remontant la rampe de 200mm.

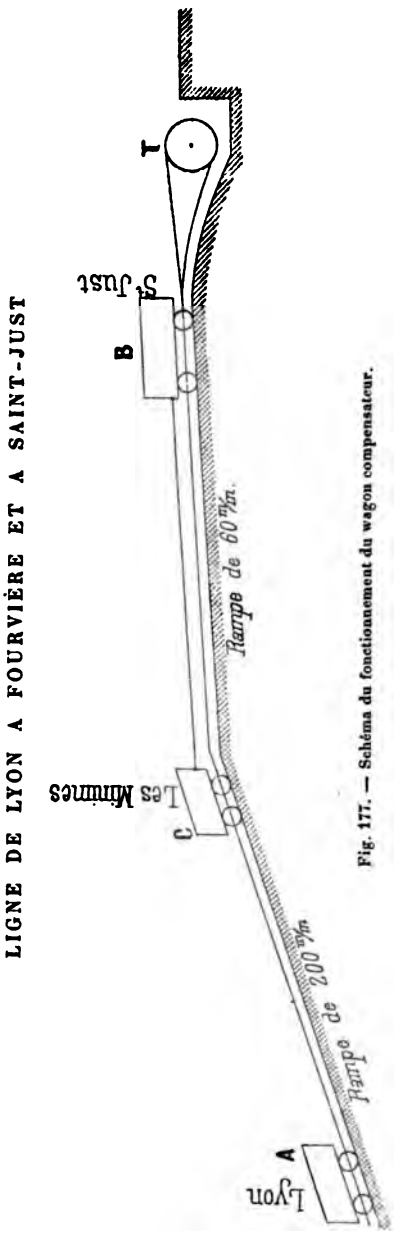


Fig. 177. — Schéma du fonctionnement du wagon compensateur.

Au moment où les wagons A et B se croisent à la gare des Minimes, le wagon C est arrivé à Lyon ; à ce moment, on change l'attache du wagon C, qui se trouve alors remorqué, depuis Lyon jusqu'aux Minimes, par le wagon A parcourant la rampe de 60 ^{mm} comprise entre les Minimes et Saint-Just.

Le wagon compensateur étant aménagé pour le transport des voyageurs, on voit que ce système permet, tout en régularisant le travail de la machine, d'avoir un train intermédiaire entre la station inférieure et le point de croisement.

A Lyon, le poids mort des wagons est de 17134 kil. ; ce poids donne sur la rampe de 200 ^{mm} une composante de..... 3930 ^{k}
et sur celle de 60 ^{mm} une composante de..... 1045

DIFFÉRENCE..... ..... 2885 ^{k}

A la vitesse de 4 ^{m} par seconde, cette différence correspond à un travail de

$$\frac{2885 \times 4}{75} = 154 \text{ chevaux-vapeur,}$$

dont le wagon compensateur permet de faire l'économie[1].

On ne peut pas, même avec l'emploi du wagon compensateur, arriver à un travail constant, mais l'amplitude des variations se trouve diminuée, ce qui est avantageux pour la marche du moteur.

Les câbles se font en fil d'acier ; ils sont composés de plusieurs *torons* tordus autour d'une âme en chanvre, qui leur donne de la flexibilité. Leur résistance doit être très grande et il faut leur donner un coefficient de sécurité considérable, c'est-à-dire que les efforts qu'ils ont à supporter dans les circonstances les plus favorables ne doivent représenter qu'une fraction $\frac{1}{n}$ de la tension qui amènerait la rupture, n étant le coefficient de sécurité.

D'après M. Vautier, la valeur de n sur les funiculaires suisses varie de 7,80 à 13,80 en service normal et de 6,70 à 12,80 avec les freins serrés. Une valeur moyenne de $n = 10$, qui est celle adoptée à Lausanne-Ouchy, paraît très satisfaisante.

Au chemin de Lyon-Saint-Just, le câble a 45 ^{mm} de diamètre et pèse 6 kilogr. 40 au mètre courant.

Les câbles sont supportés par des galets, ou poulies à gorge profonde, dont l'axe est horizontal dans les parties rectilignes du tracé ; dans les

1. *Revue générale des chemins de fer*. Août 1882.

courbes, l'axe des galets est vertical ou incliné plus ou moins sur l'horizontale. Ces galets doivent être assez rapprochés l'un de l'autre pour que le câble ne traîne jamais sur la voie, dans le cas de la plus faible tension qu'il ait à supporter. Les galets se font en fonte et on garnit le fond de la gorge, soit d'une bague en caoutchouc (Lausanne-Ouchy), soit d'un alliage de cuivre (10 °/₀), antimoine (10 °/₀) et étain (Territet-Glion).

Les lignes funiculaires à mouvement alternatif peuvent être établies à deux voies ou à voie unique; dans le second cas, on réserve un croisement au milieu. La dépense de construction est moins élevée, mais on a une augmentation notable de la résistance passive, par suite du frottement du câble dans les courbes du croisement; cette augmentation de résistance se traduit par une plus grande dépense de traction.

On admet généralement que le tracé des lignes funiculaires doit être rectiligne en plan; cependant l'emploi des courbes n'y est pas impossible, il n'a d'autre inconvénient que d'augmenter les résistances passives et l'usure du câble. Au tramway de Rives à Thonon, le tracé comprend deux alignements droits de 83^{m} et de 63^{m}, faisant entre eux un angle de 130° et reliés par une courbe de 100 mètres de rayon; le croisement des trains se fait dans la partie en courbe, au moyen d'une voie d'évitement qui est elle-même en courbe de 50 mètres de rayon. Des dispositions spéciales ont été prises dans la construction du matériel roulant, pour éviter les glissements dans les courbes; à cet effet, l'essieu porte une roue à gorge calée et une roue à jante plate, folle sur l'essieu.

Les chemins de fer funiculaires doivent être munis de moyens d'arrêt très énergiques, pour parer au cas où le cable viendrait à se rompre. On emploie dans ce but des freins de divers systèmes : les uns sont constitués par des bandes de fer flexibles garnies à l'intérieur de morceaux de bois dur, qui entourent complètement une poulie calée sur l'essieu; les autres sont formés d'une paire de mâchoires qui serrent chaque rail jusqu'à ce que l'arrêt ait lieu. On trouvera, dans les ouvrages dont nous avons parlé (*Revue générale des chemins de fer*, sept. 1882; *Etude des chemins de fer funiculaires*, par A. Vautier), la description détaillée de ces appareils.

Sur plusieurs lignes de la Suisse, on ne s'est pas contenté de cette précaution; on a, en outre, placé dans l'axe de la voie une crémaillère, système Riggenbach ou Abt, qui engrène avec des roues dentées portées par chaque wagon. En cas de rupture du câble, le train peut être arrêté au moyen d'une poulie qui commande la roue dentée et descendre doucement à l'aide du frein.

M. Vautier fait remarquer que M. Riggenbach, l'inventeur et le constructeur des freins à crémaillère, a prouvé d'une manière frappante sa confiance

en leur sécurité. Accompagné d'un de ses employés, il a descendu, dans un wagon pesant 7 tonnes, la pente de 570^{mm} du Territet-Glion. Le wagon n'était pas attaché au câble ; il descendait lentement, retenu seulement par la roue dentée d'un frein à main.

En fait, les ruptures de câbles sont extrêmement rares, grâce aux progrès accomplis dans leur fabrication ; il n'y a pas d'exemples, en France, d'accidents de personnes causés par leur rupture.

La vitesse des trains a peu d'importance sur les lignes funiculaires, qui ont toujours peu de longueur. En raison du mode de traction, il n'existe pas de relation mathématique entre la vitesse et les déclivités ; mais, par mesure de prudence, on marche lentement sur les fortes pentes.

Sur la ligne de Lyon-Croix-Rousse, la vitesse est de 2^{m} par seconde (7^{k}200 à l'heure) sur la pente de 160^{mm} ; elle est de 4^{m} (14^{k}400 à l'heure) sur la pente de 56^{mm} de la ligne de Lausanne-Ouchy et de 3^{m} (10^{k}800 à l'heure) sur la pente de 120^{mm} de la même ligne.

Au Giessbach, où la pente est de 320^{mm}, la vitesse est de 1^{m} par seconde (3^{k}600 à l'heure).

Chemins de fer a cable continu et véhicules indépendants. — Dans ce système, qui s'applique surtout aux tramways des villes, le câble sans fin et ses galets sont logés dans un canal placé sous le sol de la rue ; le câble est animé d'un mouvement continu fourni par un moteur spécial et les véhicules peuvent à volonté se mettre en marche, en s'accrochant au câble, ou s'arrêter en le quittant.

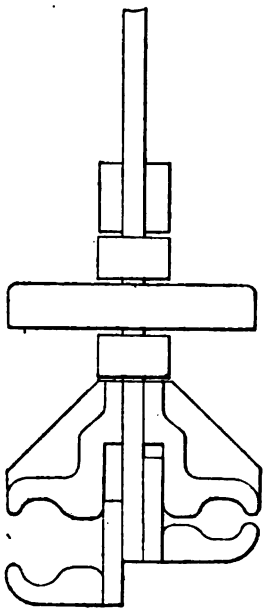


Fig. 178. — Croquis du grip.

C'est en Amérique que les premières applications de ce système ont été faites, notamment à San-Francisco, où il existe plusieurs tramways funiculaires depuis 1873. Lisbonne possède également des tramways à câble continu et la ligne de Belleville, ouverte depuis peu à Paris, est la première tentative qui ait été faite en France dans cette voie.

Pour permettre aux véhicules de prendre ou de quitter à volonté le câble moteur, chaque wagon est muni d'un appareil spécial appelé *grip*, qui pénètre dans le canal souterrain et qui porte deux mâchoires pouvant pincer le câble, lorsqu'elles sont serrées, et lui livrer librement passage, lorsqu'elles sont écartées. La figure 178 représente le croquis d'un grip. Cet appareil est manœuvré au moyen d'une vis par un

conducteur placé à l'avant de la voiture. En outre, pour permettre à celle-ci de s'arrêter sur les pentes, lorsque le grip a abandonné le câble, elle est munie d'un frein énergique, qui peut également produire le même résultat en cas de rupture du câble.

Celui-ci, dans le mouvement continu dont il est animé, passe sur des poulies, disposées de manière à empêcher le glissement. Pour parer à la fois aux effets de la dilatation, qui sont considérables sur un câble d'une certaine longueur, et aux effets d'allongement produits par la tension qu'il supporte, le câble doit être muni d'un système compensateur; à cet effet il s'enroule sur une poulie, qui peut se déplacer dans le sens longitudinal sous l'action d'un contre-poids.

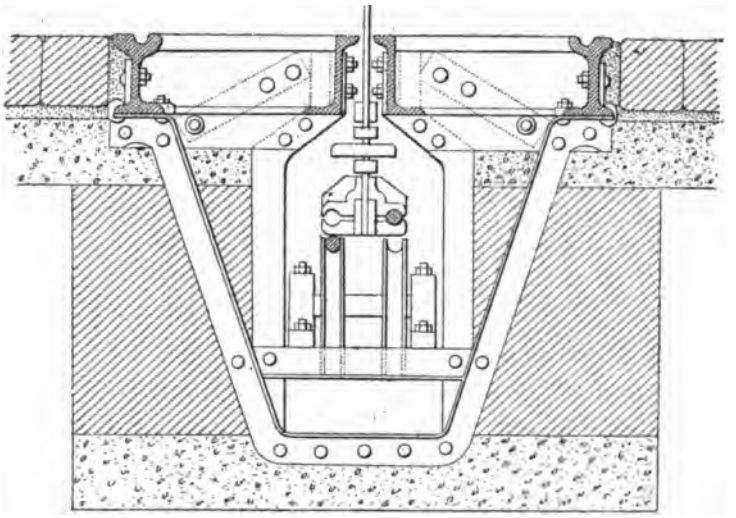


Fig. 179. — Coupe en travers du caniveau.

Nous représentons (fig. 179), d'après M. Bricka, la coupe en travers d'un caniveau souterrain pour ligne funiculaire urbaine. Ce caniveau, construit en maçonnerie et fer, porte à sa partie supérieure une rainure pour le passage du grip. Il doit être solidement entretoisé à sa partie inférieure afin de pouvoir résister à la poussée des terres de la chaussée, poussée qui se trouve encore augmentée par le passage des voitures ordinaires; les cadres d'entretoisement sont habituellement espacés de 1 mètre. La construction de ce caniveau est assez délicate, car la moindre irrégularité dans la largeur ou dans la direction de la rainure, réservée au passage du grip, produit des coincements qui entraînent une augmentation considérable de la résistance et peuvent amener la rupture du câble.

Les lignes funiculaires à câble continu peuvent être à double voie ou à voie unique ; dans le premier cas, il y a un caniveau sous chaque voie et dans ce caniveau passe un des deux brins du câble ; dans le second cas, on ménage de distance en distance des croisements, où les voitures s'attendent et où les aiguilles sont automatiques, commme dans les voies de tramways ; les deux brins du câble sont alors placés dans le même caniveau sur des poulies distinctes, établies verticalement de part et d'autre de l'axe de la voie. Une difficulté se présente dans les courbes. Les poulies qui guident le câble doivent être horizontales et placées toutes les deux du côté du centre de la courbe ; elles ne peuvent donc plus être établies symétriquement par rapport à la rainure. On est obligé de les placer l'une au dessus de l'autre et, comme le grip, en passant au droit des poulies, en écarte chaque fois le câble, il faut que la position de celles-ci soit réglée de telle façon que le câble revienne s'y appliquer de lui-même après le passage du grip. Il y a là un réglage très délicat, surtout quand les courbes sont raides ; au funiculaire de Belleville, à Paris, où certaines courbes ont 21 mètres de rayon, ce réglage a été une des principales difficultés qui ont retardé l'ouverture de la ligne.

Ce système de traction donne lieu à des résistances passives très élevées, par suite des frottements du câble dans les courbes. D'après M. Bricka, sur la ligne de Belleville, d'une longueur de 2 kilomètres, ces résistances absorbent environ 60 chevaux, soit près des 3/4 de la force nécessaire au mouvement. En outre, l'usure du câble est très rapide.

Pour diminuer les frottements, il convient de donner à ce câble un faible diamètre, et d'employer pour les torons qui le constituent du fil d'acier très résistant, capable de travailler à un taux élevé ; au chemin de Belleville, le câble a 30^{mm} de diamètre seulement.

La vitesse du câble est habituellement de 10 à 12 kilomètres à l'heure, chiffre à peu près égal à la vitesse des tramways urbains.

A San Francisco, les tramways marchent avec une vitesse de $2^{m}70$ par seconde (9720^{m} à l'heure) : la pente varie de 160 à 190^{mm}.

A Lisbonne, la pente est plus élevée, 230^{mm}, et la vitesse plus faible, $1^{m}50$ par seconde, soit 5400 mètres à l'heure.

ANNEXE A

CALCUL DE LA RÉSISTANCE DES RAILS POUR LIGNES A VOIE ÉTROITE

Le travail du métal dans les rails varie suivant l'espacement des traverses; pour une même pose de voie, il y a donc à examiner deux cas : 1° celui des portées intermédiaires; 2° celui des portées de joint.

On peut, dans le premier cas, considérer le rail comme un solide reposant sur deux appuis de niveau et encastré à ses deux extrémités; le travail maximum a lieu au droit des appuis et lorsque la charge se trouve placée au tiers de la longueur.

Ce travail, R, en kilogrammes par millimètre carré de la section du rail, est donné par la formule générale :

$$R = M. \frac{V}{I},$$

dans laquelle

M représente le moment fléchissant maximum;

V la distance entre les fibres extrêmes et la fibre moyenne;

I le moment d'inertie de la section du rapport à son centre de gravité.

Or, dans le cas actuel, on a

$$M = \frac{4}{27}. Pa,$$

en appelant

P la charge maxima;

a la distance des points d'appui.

Donc

$$R = \frac{4}{27} . \frac{VPa}{I}. \qquad (1)$$

Dans le cas des portées de joint, l'éclissage étant supposé en porte à faux et le joint placé au milieu de l'intervalle des traverses, chaque about de rail

peut être considéré comme un solide encastré à l'une de ses extrémités seulement. Le travail sera maximum à l'aplomb de chaque traverse et il se produira quand la charge sera appliquée au dessus du joint. A ce moment, le poids P se répartit également, par suite de la présence des éclisses, entre les deux abouts de rail, de sorte que chacun d'eux supporte un poids $\frac{P}{2}$; la formule qui donne l'effort maximum est donc :

$$R = \frac{1}{4} \cdot \frac{VPa}{I}, \qquad (2)$$

a désignant toujours la distance des points d'appui.

Appliquons les formules (1) et (2) aux différents types de rails que nous avons considérés.

1° *Rail Vignole de 21 kilogr. au mètre courant.* — Nous admettrons que les machines les plus lourdes qui doivent circuler sur ce rail pèsent 24 tonnes, avec un poids maximum de 8 tonnes sur l'essieu le plus chargé, soit 4000 kilogr. par roue.

On a donc

$$P = 4000^k$$
$$I = 0{,}000\,003\,453\,022$$
$$V = 0^m\,049.$$

On en tire

$$\frac{V}{I} = 14\,335.$$

Dès lors, le travail du rail pour les portées intermédiaires est donné par la formule (1), qui devient :

$$R = 8\,495\,000 \times a.$$

Si l'on fait varier a de 1 mètre à 0^m 50, on trouve les résultats suivants :

Valeurs de a, écartement d'axe en axe des traverses.	Valeurs de R par millimètre carré de section.
1^m	8^k 495
0^m 95	8^k 070
0^m 90	7^k 645
0^m 85	7^k 221
0^m 80	6^k 796
0^m 75	6^k 371
0^m 70	5^k 946
0^m 65	5^k 523
0^m 60	5^k 097
0^m 55	4^k 672
0^m 50	4^k 247

Le travail aux portées de joint est donné par la formule (2), qui devient :

$$R = 14\,335\,000 \times a.$$

Faisant varier a de $0^m 75$ à $0^m 40$, on trouve les résultats suivants :

Valeurs de a	Valeurs de R par millimètre carré de section.
$0^m 75$	$10^k 751$
$0^m 70$	$10^k 034$
$0^m 65$	$9^k 318$
$0^m 60$	$8^k 601$
$0^m 55$	$7^k 884$
$0^m 50$	$7^k 167$
$0^m 45$	$6^k 451$
$0^m 40$	$5^k 734$

2° *Rail Bullheaded de* 23 *kilogr. au mètre courant.* — Les formules à appliquer sont les mêmes que précédemment, mais on peut prendre pour a, au lieu de la distance des traverses d'axe en axe, l'intervalle compris entre les bords intérieurs des coussinets.

On a donc

$$P = 4\,000^k$$
$$I = 0{,}000\,003\,587$$
$$V = 0^m 0525$$

On en tire

$$\frac{V}{I} = 14\,636.$$

En admettant $0^m 85$ pour l'écartement d'axe en axe des traverses intermédiaires et $0^m 13$ pour la largeur des coussinets, on aura

$$a = 0^m 72.$$

Dès lors

$$R = \frac{4}{27} \times 14\,636 \times 4\,000 \times 0{,}72.$$

D'où

$$R = 6^k 245 \text{ par millimètre carré.}$$

En supposant les traverses de joint écartées de $0^m 55$ et retranchant la largeur du coussinet, on a, pour le travail du métal aux portées de joint :

$$R = \frac{1}{4} \times 14\,636 \times 4\,000 \times 0{,}42\,;$$

d'où l'on tire

$$R = 6^k 147 \text{ par millimètre carré.}$$

3° *Rail à patin de 18 kilogr. au mètre courant.* — Les machines les plus lourdes destinées à circuler sur ce type de voie, adopté par la Compagnie des chemins de fer départementaux pour le réseau Sud d'Indre-et-Loire, sont celles d'Angoulême à Rouillac, dont le poids total en ordre de marche est de 22400 kilogr. et se répartit de la manière suivante :

Essieu radial d'avant	5300^k
1er essieu couplé	5550^k
2e essieu couplé	5550^k
3e essieu couplé (moteur)	6000^k
TOTAL	22400^k

On a donc

$$P = 3000^k.$$

Les rails, de 8 mètres de longueur, sont posés sur 10 traverses ; chaque joint se trouve compris entre 2 traverses distantes de 0^{m}50 d'axe en axe ; les traverses intermédiaires sont espacées de 0^m 8337.

On a d'ailleurs, avec le profil du rail considéré :

$$\frac{I}{V} = 0{,}0000543.$$

Dès lors, le travail du métal aux portées intermédiaires est :

$$R = \frac{4}{27} \times \frac{3000 \times 0{,}8337}{0{,}0000543},$$

ou

$$R = 6^k 82 \text{ par millimètre carré.}$$

Aux portées de joint, on a :

$$R = \frac{1}{4} \times \frac{3000 \times 0{,}50}{0{,}0000543},$$

ou

$$R = 6^k 91 \text{ par millimètre carré.}$$

4° *Rail à patin de 15 kilogr. au mètre courant.* — Le rail des tramways de Loir-et-Cher, de 8 mètres de longueur, est posé sur 10 traverses dans les alignements droits et dans les courbes à grand rayon ; l'espacement d'axe en axe des traverses est de 0^m 625 au joint et de 0^m 82 pour les portées intermédiaires.

Dans les courbes à faible rayon, le nombre des traverses est porté à 11 et les espacements sont de 0^m 505 au joint, de 0^m 75 pour les traverses intermédiaires.

Nous calculerons donc le travail du métal dans les deux hypothèses.

Les locomotives employées sont à 3 essieux couplés; elles pèsent 14700 kilogr. en ordre de marche, soit 4900 kilogr. par essieu.

On a donc

$$P = 2450^k.$$

D'ailleurs,

$$\frac{V}{I} = 24643.$$

On a donc, aux portées intermédiaires :

Pour $a = 0^m82$, $R = \frac{4}{27} \times 24643 \times 2450 \times 0{,}82 = 7^k33$ par $^{mm^2}$.

Pour $a = 0^m75$, $R = \frac{4}{27} \times 24643 \times 2450 \times 0{,}75 = 6^k70$ par $^{mm^2}$.

Aux portées de joint, on a :

Pour $a = 0^m625$, $R = \frac{1}{4} \times 24643 \times 2450 \times 0{,}625 = 9^k43$ par $^{mm^2}$.

Pour $a = 0^m505$, $R = \frac{1}{4} \times 24643 \times 2450 \times 0{,}505 = 7^k62$ par $^{mm^2}$.

ANNEXE B

COMPAGNIE DE CHEMINS DE FER DÉPARTEMENTAUX

INSTRUCTION

POUR LA POSE DES VOIES EN RAILS VIGNOLE D'ACIER PESANT 20 KILOGR. OU 18 KILOGR. PAR MÈTRE COURANT

§ Ier. — Description de la voie.

Largeur de la voie. — La largeur de la voie pour la pose courante est fixée à 1 mètre, entre les bords intérieurs des champignons des rails.

Les rails sont posés avec une inclinaison de 1/18e vers l'intérieur de la voie.

Ecartement de la voie dans les courbes. — La largeur de 1 mètre sera conservée sur les parties en ligne droite et sur celles en courbe d'un rayon égal ou supérieur à 500 mètres.

On se conformera aux indications ci-dessous lorsque le rayon sera inférieur à 500 mètres.

	Largeurs de la voie.
Courbes de 100m à 150m de rayon	1m020
— 150m à 300m —	1m015
— 300m à 450m —	1m010

La transition de la largeur normale à l'élargissement se fera sur les deux ou trois rails extrêmes de la courbe.

L'élargissement se portera entièrement sur le petit rayon, de telle sorte que le rail extérieur soit maintenu constamment à 0m50 de l'axe de la voie.

Surhaussement du rail extérieur dans les courbes. — Le tableau ci-dessous indique le surhaussement du rail extérieur par rapport au rail intérieur pour les courbes de différents rayons.

	Surhaussement ou dévers.
Rayons de 100m	0m090
— 150m	0m060
— 200m	0m045
— 250m	0m035
— 300m	0m030
— 400m	0m025
— 500m	0m018
— 600m	0m015
— 800m	0m011
— 1000m	0m009
— 1500m	0m006

Les chiffres ci-dessus sont déduits, en chiffres ronds, de la formule $H = \frac{R}{9}$, où H indique le surhaussement et R le rayon, tous deux exprimés en mètres (laquelle formule n'est autre que la formule générale théorique $H = 0^m008 \frac{V^2}{R}$, dans laquelle V, vitesse en kilomètres à l'heure, a été supposée égale à 33^k5).

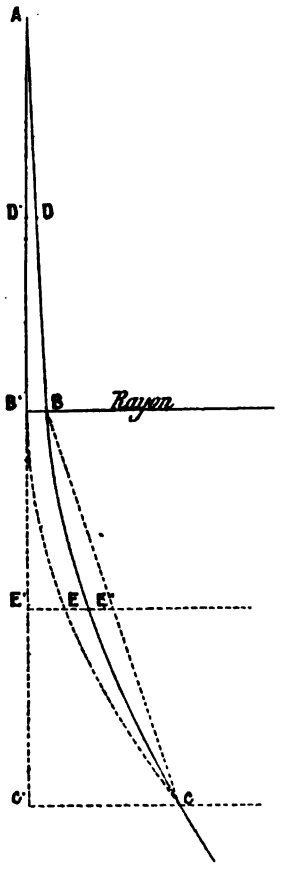


Fig. 180.

Le surhaussement sera obtenu en conservant à la voie son niveau sur l'axe et en abaissant, par rapport à cet axe, le rail intérieur autant qu'on exhaussera le rail extérieur, c'est-à-dire de la moitié du surhaussement à obtenir.

Le surhaussement sera supprimé dans les courbes de raccordement entre les changements et croisements de voie; il sera réduit de moitié pour les autres courbes placées dans les stations.

Rampes et pentes préparant le surhaussement normal. — Le passage d'un alignement AB' à une courbe B'C se fera en rachetant le dévers par une rampe de 2mm par mètre sur le rail extérieur et une pente de même déclivité sur le rail intérieur, la répartition se faisant par moitié sur la courbe et la tangente; dans toute l'étendue de ce raccordement on substituera aux parties ainsi modifiées

une courbe ABC telle qu'elle ait en chaque point le rayon de courbure correspondant à son dévers.

Cette courbe peut se tracer de la manière suivante : ses points extrêmes A et C étant déterminés comme il a été dit ci dessus, l'ordonnée BB′ du point milieu B est égale à $\frac{CC'}{8}$; celle du point D, milieu de AB, est égale à $\frac{CC'}{64} = \frac{BB'}{8}$; on obtient le point E, milieu de BC, en prenant $E''E = \frac{E''E'}{4} = \frac{1}{4}\left(\frac{CC' + BB'}{2}\right)$; les autres points de la courbe s'obtiennent en reliant les points A,D,B,E et C par une courbe continue.

Dans les stations, les plans inclinés seront disposés comme le permettront les changements, croisements et traversées de voies.

Raccordement des pentes, rampes et paliers entre eux. — Le raccordement des pentes, rampes et paliers entre eux se fera suivant un arc de courbe tangent aux lignes de pente des deux déclivités à raccorder; la longueur de cet arc sera calculée à raison de 4 mètres par chaque différence de pente de 1^{mm}. La figure ci-contre se rapporte au raccordement de deux rampes, l'une de 3^{mm}, l'autre de 12^{mm}; le développement de la courbe sera de $9 \times 4 = 36$ mètres; par suite, on prendra $AB = BC = 18$ mètres.

Dans le cas d'un angle rentrant, le point D de la courbe est obtenu en prenant le milieu entre le point B que détermine le profil en long, et le point E qu'on obtient facilement au moyen de nivelettes alignées suivant A, E et C.

Le point D étant déterminé, on obtiendra un second point à mi-distance de A et D, en opérant sur ces deux points comme il vient d'être fait sur A et C; on remarquera qu'on a : $ed = bd = \frac{BD}{4}$.

On peut trouver ainsi un aussi grand nombre de points qu'on veut, mais quelques-uns suffisent.

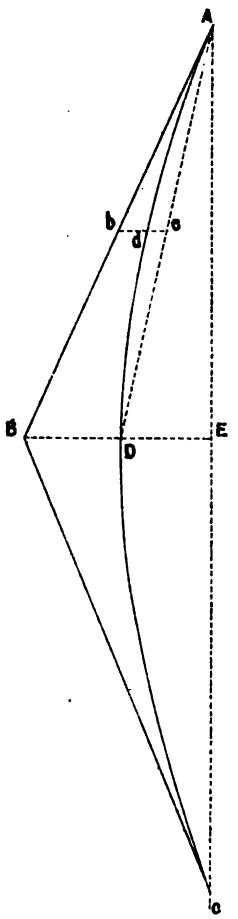


Fig. 181.

Lorsque l'angle est saillant, on peut procéder de même, en remarquant que le point B′ doit être abaissé de $B'D' = \frac{HC'}{4}$; le point H est obtenu au moyen de nivelettes (fig. 182).

Dans le cas où la longueur d'un palier situé entre les deux déclivités successives, de même sens ou de sens contraire, serait insuffisante pour appliquer la règle ci-dessus, la longueur de 4 mètres, indiquée pour racheter chaque différence de 1^{mm} entre deux déclivités successives, sera réduite et calculée de façon que les courbes se raccordent au même point de la ligne géométrique qui définit le palier sur le profil en long.

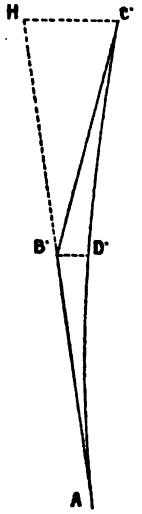


Fig. 182.

Exemple : Soit un palier de 80 mètres situé entre deux déclivités, l'une de 30^{mm} par mètre, l'autre de 20^{mm}. L'application de la règle générale étant impossible dans ce cas, car le palier devrait avoir 100 mètres de longueur, on procèdera de la manière suivante (fig. 183) :

On divisera la ligne MB en deux parties qui soient entre elles dans le rapport des deux pentes ; on aura $\frac{AB}{AM} = \frac{30}{20}$; d'où $\frac{AB + AM}{AM} = \frac{30 + 20}{20}$. Or, $AB + AM = 80^m$; on a donc : $\frac{80}{AM} = \frac{50}{20}$; d'où $AM = \frac{20 \times 80}{50} = 32^m$ et $AB = 48^m$.

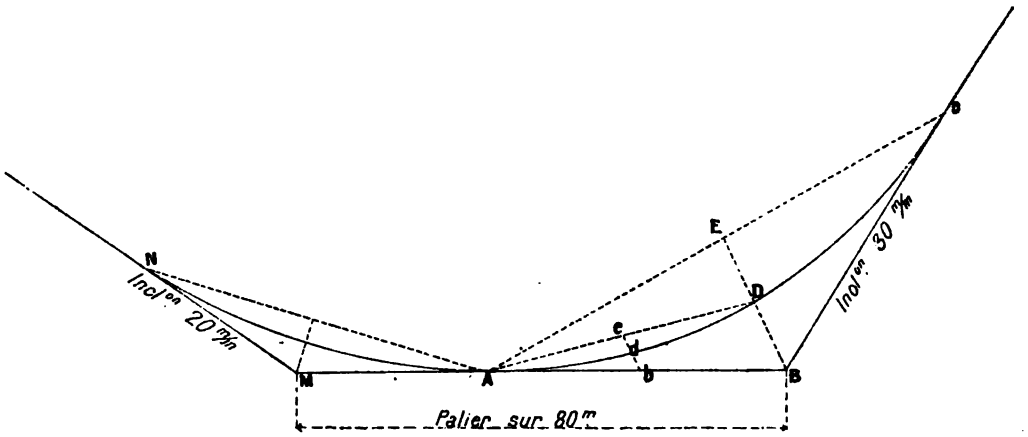


Fig. 183.

On a ainsi la position du point de tangence A des deux courbes de raccordement. Ce point A étant ainsi déterminé, on prendra BC = BA et MN = MA ; puis on opèrera comme il a été dit ci-dessus pour déterminer les points D, *d*, etc.... de la courbe de raccordement.

Généralement, le raccordement des déclivités pourra s'obtenir par le règlement de l'épaisseur du ballast, sans modifier la plateforme des terrassements.

Longueur des rails. — La longueur normale des rails est de 8 mètres, mais, dans les courbes, il sera fait usage également de rails courts de $7^m 915$.

Écartement des traverses. — La voie est posée à joints concordants et en porte-à-faux.

Les traverses sont au nombre de 10 par longueur de rail de 8 mètres; elles sont disposées conformément aux indications du croquis ci-joint (fig. 184). Chaque joint se trouve compris entre deux traverses distantes de $0^m 50$; les autres traverses sont à $0^m 8337$ l'une de l'autre, toutes ces distances étant mesurées d'axe en axe.

Les traverses doivent être placées d'équerre sur les rails; les joints correspondants des rails doivent toujours être sur une ligne perpendiculaire à l'axe de la voie.

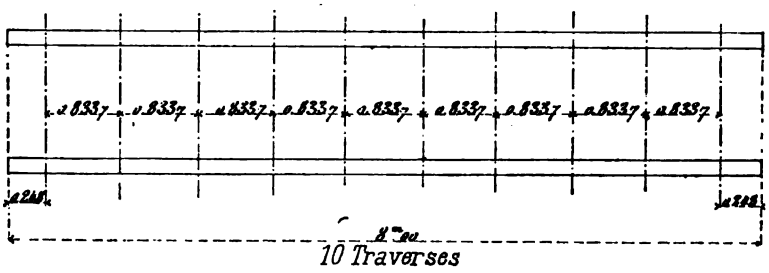


Fig. 184.

Lorsqu'il y aura lieu de faire usage de rails de 7, 6, 5 ou 4 mètres de longueur, les traverses seront disposées conformément aux indications des croquis ci-dessous (fig. 185).

Eclisses. — Les éclisses sont de deux espèces : l'une, dite éclisse cornière, qui sera placée à l'extérieur de la voie, porte un talon échancré à chacune de ses extrémités pour recevoir la tête des tirefonds, qui s'opposeront ainsi au déplacement longitudinal de la voie; elle porte, en outre, une rainure longitudinale pour maintenir les têtes des boulons; l'autre, du type ordinaire, sera placée à l'intérieur de la voie.

Les éclisses seront fortement appuyées, le haut sous le champignon des rails, le bas sur le patin, de manière que les faces d'éclissage s'appliquent parfaitement sur les faces correspondantes des rails.

Les écrous des boulons d'éclisses se placeront à l'intérieur de la voie.

Joints entre les rails. — On aura soin de réserver dans les joints des rails le jeu nécessaire aux mouvements de la dilatation ; pour les rails de 8 mètres de longueur, ce jeu sera de 5^{mm} 1/2 en temps de gelée (au dessous de 0°) ; de 4^{mm} à une température moyenne de 0° à 15° ; de 3^{mm} de 15° à 25° et de 2^{mm} de 25° à 35° ; au dessus de 35°, les rails pourront se toucher au moment de la pose.

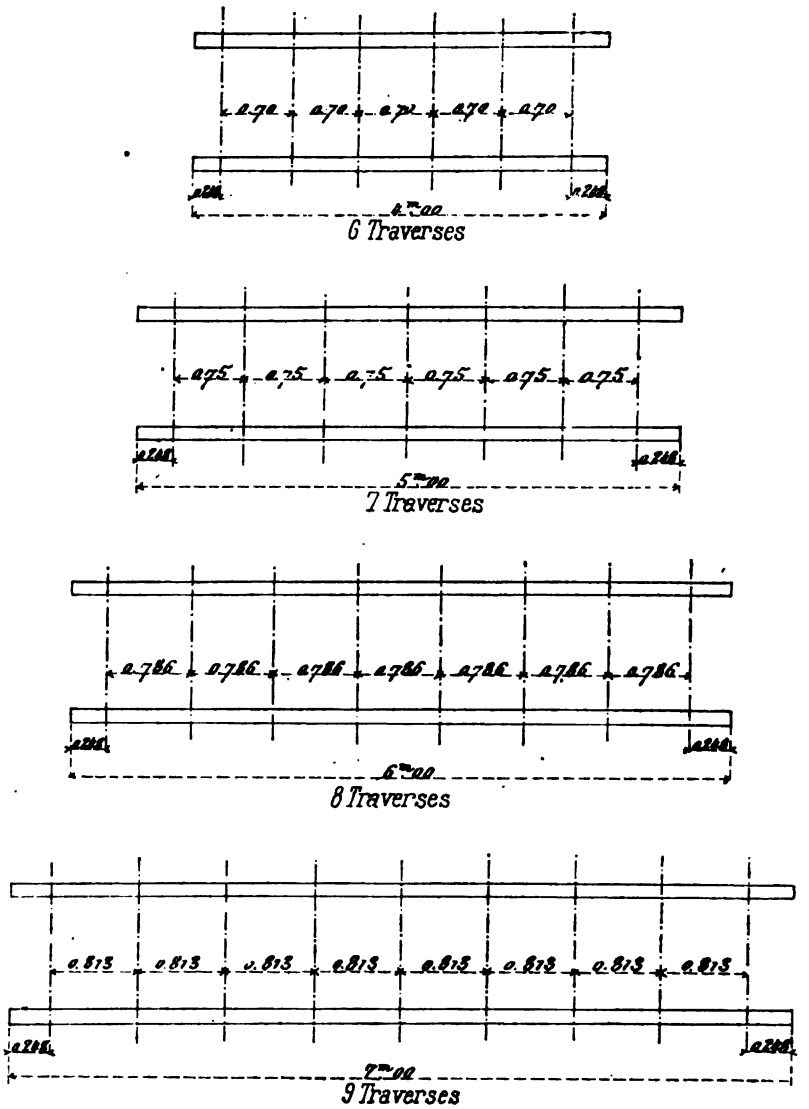


Fig. 185.

Pour mesurer le jeu, on se servira de petites cales en fer.

Pour les rails de moins de 8 mètres de longueur, ce jeu sera réduit proportionnellement à la longueur du rail.

Emploi des rails courts dans les courbes. — Pour racheter dans les courbes la différence de longueur qui existe entre les deux files de rails, des rails courts seront introduits dans la file intérieure, conformément aux indications du tableau ci-dessous :

RAYONS des COURBES	NOMBRE de rails de 8 m formant la file extérieure.	FILE INTÉRIEURE NOMBRE DE RAILS de		RÉPARTITION DES RAILS DANS LES COURBES (Les traits et chiffres forts indiquent la position dans la file intérieure des rails de 7 m 915; les traits et chiffres fins indiquent la position, dans les deux files, des rails de 8 m.)
		8 m	7 m 915	
100	1	0	1	**1** (Toute la file intérieure est en rails de 7 m 915.)
120	6	1	5	**1** **2** **3** = **5** **6**[6]
130	4	1	3	**1** **2** = **4**[4]
140	7	2	5	**1** = **3** **4** **5** = **7**[7]
150	3	1	2	**1** = **3**[3]
160	8	3	5	**1** = **3** = **5** **6** = **8**[8]
180	9	4	5	**1** = **3** = **5** = **7** = **9**[9]
200	2	1	1	= **2**[2]
250	5	3	2	= **2** = **4** =[5]
300	3	2	1	= **2** =[3]
350	7	5	2	= **2** = = = **6** =[7]
400	4	3	1	= = **3** =[4]
450	9	7	2	= = **3** = = = **7** = =[9]
500	5	4	1	= = **3** = =[5]
600	6	5	1	= = = **4** = =[6]
700	7	6	1	= = = **4** = = =[7]
800	8	7	1	= = = = **5** = = =[8]
1000	10	9	1	= = = = = **6** = = = =[10]

Courbure des rails. — Afin d'éviter les jarrets dans les courbes de faible rayon, on cintrera les rails avant la pose.

Le tableau ci-après donne la flèche des rails de 8 mètres de longueur pour les courbes de divers rayons.

RAYON	FLÈCHE POUR UN RAIL de 8m	RAYON	FLÈCHE POUR UN RAIL de 8m
100m	80 millim.	300m	27 millim.
110	73 —	350	23 —
120	67 —	400	20 —
130	61 —	450	18 —
140	57 —	500	16 —
150	53 —	600	13 —
160	50 —	700	11 —
170	47 —	800	10 —
180	44 —	900	9 —
190	42 —	1000	8 —
200	40 —	1200	7 —
220	36 —	1500	5 —
250	32 —	2000	4 —

Mode de fixation des rails sur les traverses. — Les rails sont posés sur les traverses dans des entailles préparées de manière à régler bien exactement la largeur de la voie et l'inclinaison des rails. Il sont fixés sur chaque traverse au moyen de deux tirefonds, qui doivent être placés de manière que deux tirefonds opposés n'attaquent pas les mêmes fibres d'une traverse.

La distance d'axe en axe des tirefonds, mesurée dans le sens perpendiculaire à la voie est de 102mm ou 98mm, suivant que le rail employé est de 20 kilogr. ou 18 kilogr.; elle a été calculée de manière à laisser entre les tirefonds et les bords des patins un jeu d'un demi-millimètre de chaque côté.

Voies en passage à niveau. — Les voies situées à la traversée des passages à niveau seront munies de contre-rails destinés à maintenir les matériaux de la chaussée, sauf les exceptions autorisées.

L'ornière ménagée entre les contre-rails et les rails, pour le passage du boudin des roues, aura une largeur normale de 50mm; toutefois, dans les courbes de faible rayon, elle sera élargie du côté du petit rayon d'une quantité égale au surécartement.

Les contre-rails dépasseront la bordure des chaussées de 0m 75 de chaque côté; ils seront recourbés à chacune de leurs extrémités sur une longueur de 0m 50, de manière à donner à l'ornière une largeur qui ira en augmentant depuis 0m 050 jusqu'à 0m 100.

Les contre-rails sont posés d'aplomb.

§ II. — Sabotage des traverses.

Entaillage des traverses. — Le sabotage des traverses sera exécuté mécaniquement. Dans le cas exceptionnel où il serait fait à la main, les entailles

seront tracées au moyen d'un gabarit sur la face la moins plane de la traverse, et à peu près à égale distance de ses extrémités ; on pourra toutefois modifier un peu cette position, quand cela sera nécessaire, pour placer l'entaille sur une partie plus saine et plus propre à servir d'appui au rail.

Les entailles devront être bien exactement dressées suivant l'inclinaison de 1/18, de manière que les sabots du gabarit s'y appliquent parfaitement ; elles seront limitées par des traits de scie formant épaulements pour le patin du rail. Ces épaulements seront seulement de 3^{mm} 1/2, hauteur de la partie droite du patin du rail, afin qu'on puisse placer l'éclisse cornière et serrer les tirefonds ; par suite, toutes les fois que le sabotage aura conduit à un épaulement plus fort, il sera nécessaire de réduire ce dernier au moyen d'un démaigrissement de la traverse pratiqué sur une largeur de 4 centimètres environ le long de l'entaille. Il ne devra y avoir aucun jeu entre le gabarit et les épaulements extérieurs.

L'épaisseur du bois sous l'entaille ne devra pas être réduite à moins de 0^{m} 10. Les arêtes du fond de l'entaille devront être sensiblement parallèles à la face intérieure de la traverse.

Perçage. — Les trous des tirefonds seront percés, au moyen de tarières ayant 14^{mm} 1/2 de diamètre, d'outre en outre de la traverse et bien perpendiculairement à la surface de l'entaille.

Précautions à prendre dans l'emploi des gabarits. — Les gabarits sont des instruments de précision ; on devra donc tenir à ce qu'ils soient manœuvrés avec précaution, et, comme leur exactitude importe essentiellement à la qualité de la voie, on devra envoyer en réparation tout gabarit inexact.

Les gabarits sont de quatre types : le type n° 1 correspond à la voie de 1 mètre de largeur ; le type n° 2, à celle de 1^{m} 01 ; le type n° 3, à celle de 1^{m} 015, et le type n° 4, à celle de 1^{m} 02. Chaque gabarit porte inscrit sur l'entretoise en fer le numéro qui le caractérise. Quand on sabote mécaniquement, les gabarits de traçage sont remplacés par des calibres de vérification. Pour éviter toute confusion, chaque traverse, une fois sabotée, sera marquée d'un numéro correspondant à celui du gabarit dont on aura fait usage. Les traverses ainsi numérotées pourront être convenablement réparties sur les lieux d'emploi.

§ III. — Pose de la voie.

Tracé de la voie en plan et en profil. — Avant de procéder à la pose de la voie, on tracera et on repèrera exactemeut l'axe du chemin de fer en plan et en profil, au moyen de piquets espacés de 100 mètres en 100 mètres au plus dans les lignes droites, et de 25 mètres en 25 mètres dans les courbes ; la tête

de ces piquets, avivée au besoin, sera au niveau de la surface des rails. Les piquets placés à l'origine de tous les alignements droits, des courbes et des paliers, pentes et rampes, porteront une marque spéciale.

La surface de roulement définitive sera établie à 0^m 35 au dessus de la plateforme des terrassements.

Pose de la voie. — Ces précautions prises, on dressera parfaitement la surface sur laquelle on doit poser; ensuite on opèrera la répartition des traverses, puis celle des rails; les joints seront réglés convenablement en raison de la température du moment, et les rails reliés entre eux au moyen des éclisses qu'on fixera seulement par les deux boulons extrêmes serrés à la main. Puis on posera les tirefonds; ces derniers, préalablement graissés, seront introduits à la main dans les trous et enfin serrés au moyen de la clef à béquille; l'enfoncement par percussion est absolument interdit.

Les tirefonds devront être dirigés dans le sens du trou incliné au 1/18, de manière qu'ils ne puissent pas dévier et s'ouvrir une fausse voie.

Le serrage des tirefonds doit avoir pour effet d'opérer un bon contact du rail et de la traverse, mais ne doit pas être poussé au delà.

Établissement de la première couche de ballast. — La voie posée sur terre servira au transport de son ballast et des matériaux qui doivent la prolonger.

Tout train de ballast arrivant sur une section de voie posée sur terre s'arrêtera dès qu'il y sera engagé de sa longueur; il sera déchargé sur place, puis aussitôt ramené en arrière. La voie sera alors relevée, convenablement bourrée, réglée et affermie, de manière à pouvoir recevoir les trains suivants sans aucun dommage pour les éléments qui la composent. On arrivera à la hauteur définitive par des relèvements successifs que l'on conduira avec précaution, en ménageant des raccordements convenables, et sans ressauts brusques, avec les parties non relevées; ils se feront toujours en agissant sous les traverses et non sous les rails, de manière à éviter de fatiguer les attaches.

Ces opérations faites, on mettra les boulons intermédiaires des éclisses, on en serrera les écrous et on dressera définitivement la voie de façon à lui donner, en plan et en profil, les alignements droits ou courbes qui ont été prescrits, les inclinaisons transversales, les pentes, rampes, etc.

On vérifiera ensuite la largeur de la voie et l'inclinaison des rails au moyen des jauges d'écartement. Puis, les boulons d'éclisses seront serrés à fond.

Le serrage des boulons est celui qui résulte de l'effort d'un homme de force moyenne appliqué à l'extrémité d'une clef ayant environ 0^m 40 de longueur entre les deux centres de serrage; un serrage plus énergique n'assurerait pas à l'éclisse un meilleur effet et pourrait détruire ou, au moins, altérer les filets.

Il est nécessaire de resserrer fréquemment les boulons dans les premiers temps de la pose, parce que ces boulons prennent du jeu, par suite du rodage des surfaces de contact des éclisses. Si l'on néglige cette précaution et que l'on veuille plus tard resserrer les boulons pour faire cesser le jeu de l'éclissage, l'oxydation des pas de vis arrête les écrous et l'on est exposé à casser un grand nombre de boulons.

On aura soin, dans le serrage de ces boulons, de s'arranger de manière que *le plan supérieur de l'écrou soit tenu horizontalement.*

Bourrage. — Pour que l'assiette soit bonne, il faut que les traverses n'aient de tendance à se déverser d'aucun côté. A cet effet, le bourrage doit être peu accentué vers le milieu des traverses, très fort vers les parties qui portent les rails.

Pose de la deuxième couche de ballast. — On procèdera ensuite à la pose de la deuxième couche de ballast, au garnissage de la voie et au règlement du ballast et des banquettes.

Profil définitif du ballast. — Le profil transversal du ballast sera définitivement réglé conformément aux indications des croquis ci-dessous :

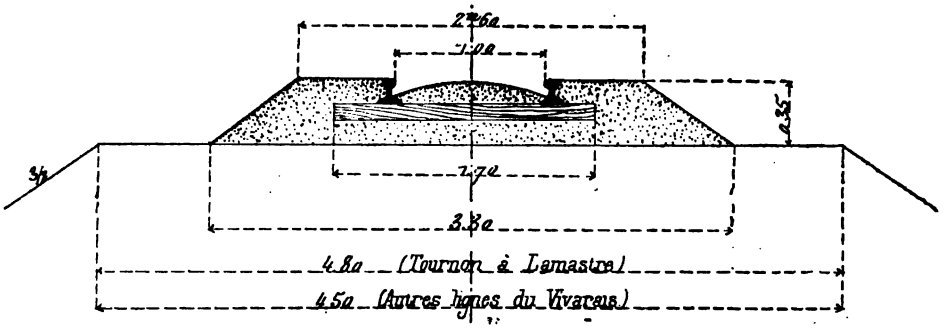


Fig. 186. — Voies en rails de 20 k.

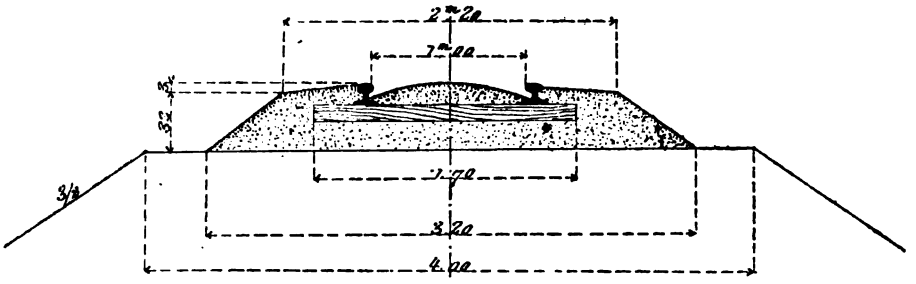


Fig. 187. — Voies en rails de 18 k.

Règlement des dépôts de matériaux près des voies. — Le ballast et autres matériaux déposés près des voies devront toujours laisser entièrement libre

l'espace nécessaire au passage des parties saillantes des machines et des véhicules ; la surface de roulement du rail devra être parfaitement nettoyée.

Rails exceptionnels. — Il est important de restreindre, autant que possible, l'emploi des rails de longueur exceptionnelle.

Pour atteindre ce résultat, on devra s'attacher à commencer la pose en des points où l'emplacement des joints est commandé, par exemple, à la suite des changements extrêmes d'une station.

Si, en continuant la pose, on arrive à un nouveau changement ou à toute autre limite qui interrompe nécessairement la succession des rails de $8^{m}00$, on se raccordera au moyen de rails que l'on coupera à la longueur convenable. En aucun cas, on ne devra employer une longueur de moins de 3^{m}; on arrivera le plus souvent à ce résultat, en posant, avant le raccord, un rail de longueur réduite d'une fourniture courante.

Tous les rails de raccord devront être éclissés.

Paris, le 15 avril 1889.

ANNEXE C

DÉPARTEMENT DE LOIR-ET-CHER

TRAMWAYS A VAPEUR A VOIE DE 1 MÈTRE

INSTRUCTION

POUR LA POSE DE LA VOIE DE 1 MÈTRE DE LARGEUR
EN RAILS VIGNOLE D'ACIER
DE 8 MÈTRES DE LONGUEUR PESANT 15 KILOGR. LE MÈTRE COURANT

CHAPITRE PREMIER

DESCRIPTION DE LA VOIE

Largeur de la voie. — La largeur de la voie pour la pose courante, mesurée entre les bords intérieurs des champignons des rails, sera uniformément de 1 mètre, aussi bien dans les parties en ligne droite que dans celles en courbe, même à faible rayon.

Dans certains cas, et par ordre spécial seulement, cette largeur pourra être réduite à 0^{m} 99.

Inclinaison du rail. — Les rails seront posés avec une inclinaison de 1/20 vers l'intérieur de la voie.

Surhaussement du rail extérieur dans les courbes. — Dans les courbes, le rail extérieur sera plus élevé que le rail intérieur, d'une quantité variable, en raison directe de la vitesse, et en raison inverse du rayon, afin de

combattre l'action de la force centrifuge et de toutes les forces horizontales qui tendent à rejeter les véhicules vers le rail extérieur.

On se conformera au tableau suivant[1] :

RAYON des COURBES R	SURHAUSSEMENT ou DÉVERS h	VITESSES maxima correspondantes V	OBSERVATIONS
50	0,12	10 kil.	Avec le maximum de dévers adopté 0,12, les courbes d'un rayon inférieur à 200 m ne peuvent être parcourues qu'avec les vitesses réduites indiquées au tableau. Avec les dévers indiqués au tableau, toutes les courbes de 200 m et d'un rayon supérieur peuvent être parcourues avec la vitesse maximum de 40 kilomètres à l'heure.
75	0,12	15	
100	0,12	20	
150	0,12	30	
200	0,12	40	
250	0,096	40	
300	0,080	40	
350	0,0686	40	
400	0,06	40	
500	0,048	40	
600	0,04	40	
700	0,0343	40	
800	0,03	40	
900	0,0266	40	
1 000	0 024	40	

Le rail extérieur sera élevé au dessus de l'axe de la voie de la moitié du surhaussement, et le rail intérieur sera abaissé de la même quantité, afin que le niveau de l'axe de la voie ne varie pas en hauteur.

Le surhaussement sera supprimé dans les courbes de raccordement entre les changements et croisements de voie, et aussi dans les parties de voie posées dans les traversées de village, où la vitesse est très faible et où la voie doit épouser le profil transversal des chaussées.

Raccordement des dévers. — Pour raccorder les courbes avec les alignements, on répartira le dévers, moitié sur l'alignement et moitié sur la courbe, sur une longueur maximum de 12 mètres environ de chaque côté du point de tangence, de manière à racheter la différence de hauteur au moyen d'une inclinaison ne dépassant pas 0 m 005 par mètre.

1. Le surhaussement h a été déterminé par la formule pratique $h = 0,6 \frac{V}{R}$ qui est celle du P.-L.-M., avec une réduction de 1/3 pour tenir compte de la différence de largeur des voies. On a pris pour V la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, supérieure à la vitesse réelle, ce qui donne $h = \frac{24}{R}$. On a admis pour dévers maximum 0,12, ce qui conduit à parcourir les courbes d'un rayon inférieur à 200 mètres avec des vitesses réduites résultant de la formule $0,12 = 0,6 \frac{V}{R}$, d'où $V = 0,2\,R$.

Afin de ménager la transition de la courbe avec l'alignement droit, il suffira en pratique de donner un coup de pince, de manière à aplatir légèrement la courbe à l'origine du raccordement[1].

Raccordement des déclivités. — L'angle formé par deux déclivités successives sera adouci par une déclivité moyenne, de manière à faire disparaître par une courbe le sommet d'angle formé par la rencontre des déclivités entre elles ou avec les paliers.

CHAPITRE II

COMPOSITION DE LA VOIE

Longueur des rails. — Le rail adopté est le modèle Vignole ; il est en acier et son poids est de 15 kilogr. par mètre courant ; la longueur *normale* de chaque rail est de 8 mètres. Dans les courbes, pour racheter la différence de développement existant entre les deux files de rails, il sera placé, dans la file intérieure, des rails de 7^m 90 de longueur, dits *rails courts*. Les extrémités de ces rails courts seront peintes en rouge.

Pour les changements et croisements de voies, il y aura d'autres coupures qui seront indiquées et détaillées sur les dessins spéciaux.

En outre, pour faciliter la fabrication, il sera admis une certaine quantité de rails de longueur réduite à 7 et 6 mètres.

Autant que possible, ces rails de longueur réduite seront employés dans les voies de chantier, de ballastière, et dans les voies de service des gares, ainsi que pour les raccords et coupures.

Si, en raison de leur quantité, on se trouve dans la nécessité d'en employer dans la voie principale, ils seront placés exclusivement dans les parties en alignement droit.

Écartement des traverses. — La voie sera posée à joints concordants, avec éclisses en porte-à-faux et traverses intermédiaires.

Dans les alignements et les courbes à grand rayon, le nombre de traverses employées sera de 10 par longueur de rail de 8 mètres.

1. Les raccordements paraboliques sont des solutions théoriques assujettissantes et inutiles. Elles sont difficiles à établir et ne sont point maintenues à l'entretien courant.

Pratiquement, le passage immédiat de l'alignement à l'arc de cercle est aussi satisfaisant que le raccordement avec une courbe progressive.

Voir : *Raccordement des courbes avec les alignements*, par Jules Michel, *Revue générale des Chemins de fer*, novembre 1879. (Note de M. Faliès).

Dans les courbes à faible rayon, et dans certaines parties en alignement droit, spécialement désignées, le nombre de ces traverses sera porté à 11 par longueur de 8 mètres.

Dans ces deux cas, les traverses seront disposées conformément aux indications des croquis ci-dessous.

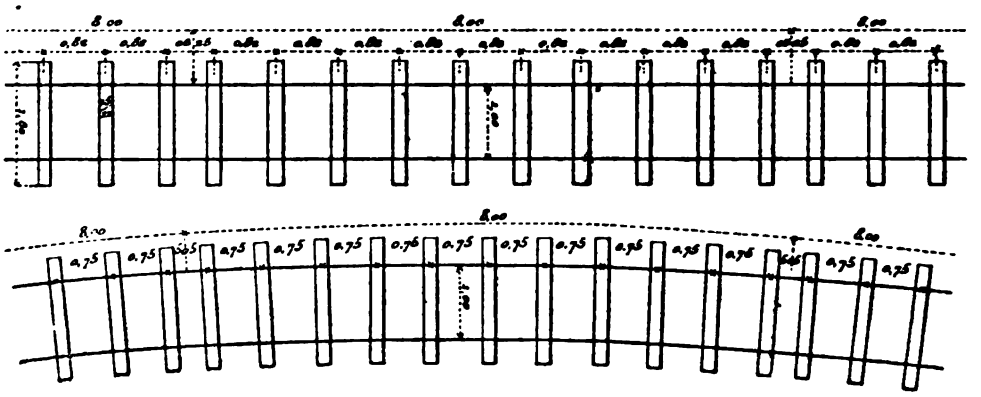


Fig. 188. — Écartement des traverses.

Avec 10 traverses, chaque joint se trouve compris entre deux traverses distantes de $0^m 625$, les autres traverses étant espacées l'une de l'autre de $0^m 82$, d'axe en axe.

Avec 11 traverses, chaque joint se trouve compris entre deux traverses distantes de $0^m 505$, les autres traverses étant espacées l'une de l'autre de $0^m 75$ d'axe en axe.

Avec d'autres coupures, l'espacement des traverses ne devra jamais être supérieur à $0^m 82$, pour les traverses intermédiaires, et à $0^m 625$, pour les traverses de contre-joints.

Éclisses. — Les rails seront reliés l'un à l'autre au moyen d'éclisses à patin.

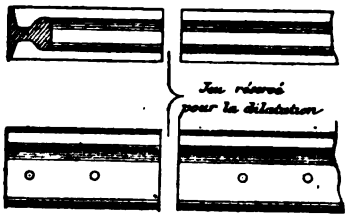


Fig. 189. — Règlement des joints.

Dans les changements de voies et les parties à contre-rails, l'éclisse intérieure sera une éclisse simple sans patin.

Les écrous des boulons d'éclisses se placeront à l'intérieur de la voie.

Règlement des joints. — Les éclisses seront placées de manière à ménager, dans les joints des rails, le jeu nécessaire pour laisser la dilatation s'opérer.

L'ouverture des joints se règlera comme suit d'après la température observée à l'ombre.

Pour toute température au dessous de	0°	.... 0m005
—	de 0° à 15°....	0m004
—	de 15° à 25°....	0m003
—	de 25° à 35°....	0m002

Au dessus de 35°, les rails pourront se toucher au moment de la pose.

En conséquence, on devra toujours avoir, dans les ateliers de pose, des cales en fer de 5, 4, 3 et 2 millimètres d'épaisseur, et s'en servir pour régler les joints.

Fig. 190. — Cale pour régler les joints.

Pour les rails de moins de 8 mètres de longueur, ce jeu sera réduit proportionnellement à la longueur du rail.

Chaque cale de joint ne pourra être enlevée qu'après la pose complète de quatre rails en avant de cette cale.

Emploi des rails courts dans les courbes. — Les joints des rails seront placés sur chaque file au droit l'un de l'autre, c'est-à-dire sur une même normale à l'axe de la voie.

Dans les parties de voie en alignement droit, cette condition peut être facilement et exactement remplie.

Il n'en est pas de même dans les courbes, à moins d'employer pour chaque rayon de courbe, dans la file intérieure, un rail court, correspondant à chaque rail de 8 mètres de la file extérieure, ce qui n'est pas pratique.

En employant, dans la file intérieure, des rails de 8 mètres combinés avec le rail court de 7m 90 seulement, le faux équerre sera de 0m 05 en plus ou en moins. On déterminera la position des rails courts en appliquant une équerre, dite *équerre de pose*, sur la file extérieure au droit du joint. Chaque fois que la branche transversale de cette équerre sera dépassée par le rail intérieur de plus de 0m 05, on substituera au rail de 8 mètres un rail court de 7m 90.

Le nombre des rails courts nécessaires à une courbe de rayon déterminé se déduit facilement du tableau suivant.

RAYON des COURBES	PROPORTION DES RAILS COURTS — NOMBRE DE RAILS — FILE extérieure 8m	FILE INTÉRIEURE 8m	FILE INTÉRIEURE 7m90	OBSERVATIONS
80	1	»	1	Toute la file intérieure est en rails de 7m 90.
100	5	1	4	
120	3	1	2	
130	13	5	8	
150	15	7	8	
160	2	1	1	
200	5	3	2	
250	25	2	1	
300	15	11	4	
350	35	27	8	
400	5	4	1	
450	45	37	8	
500	6	5	1	
600	15	13	2	
700	9	8	1	
800	10	9	1	
900	11	10	1	
1 000	25	23	2	

Cintrage des rails dans les courbes. — Dans les courbes de 300 mètres de rayon et au dessous, les rails seront cintrés pour éviter la formation de jarrets aux joints.

Le tableau ci-dessous donne par rayon de courbe la flèche réelle correspondante du rail de 8 mètres.

RAYON	FLÈCHE POUR UN RAIL de 8m	OBSERVATIONS
300 m	27 mm	La flèche f est calculée d'après la formule : $f=\frac{l^2}{8R}$, dans laquelle l représente la longueur du rail et R le rayon de la courbe en mètres.
250	32	
200	40	
160	50	
150	53	
130	61	
120	67	
100	80	
80	100	
50	160	

Ces flèches ne doivent jamais être dépassées. Si, au cintrage, elles étaient plus grandes, il faudrait les réduire. Il vaut mieux être en dessous qu'en dessus.

MODE DE FIXATION DES RAILS SUR LES TRAVERSES. — Les rails sont posés sur les traverses dans les entailles préparées de manière à régler bien exactement

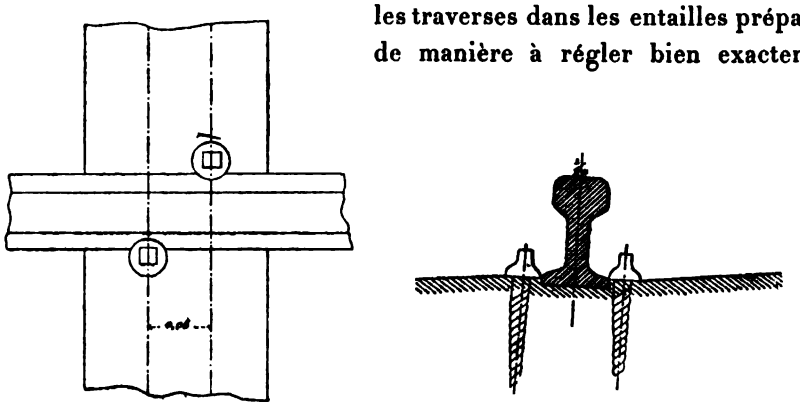


Fig. 191. — Mode de fixation des rails sur les traverses.

la largeur de la voie et l'inclinaison des rails. Ils sont fixés sur chaque traverse au moyen de deux tirefonds qui doivent être placés de manière que deux trous de tirefonds opposés n'attaquent pas les mêmes fibres d'une traverse, et soient placés à une distance de $0^{m}05$ environ, conformément au croquis ci-dessus (fig. 191).

CONTRE-RAILS. — Suivant les indications spéciales et écrites qui seront

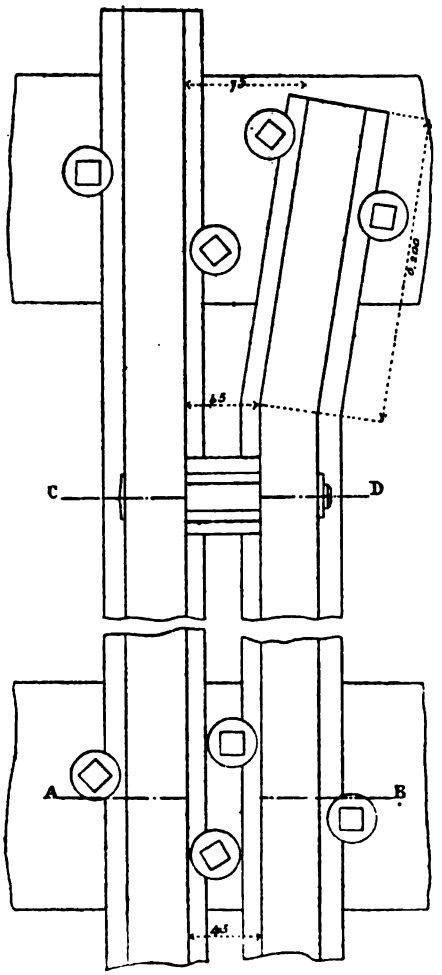
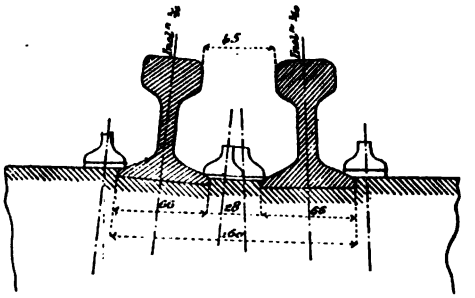
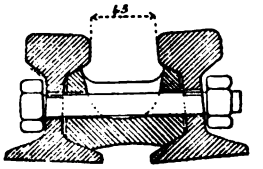


Fig. 192. — Contre-rails.



Coupe suivant AB.



Coupe suivant CD.

données pour chaque cas particulier, quand il y aura lieu de placer des contre-rails, notamment du côté du petit rayon de certaines courbes raides, on se conformera aux prescriptions suivantes :

L'ornière pour le passage des boudins aura 45^{mm}.

Le contre-rail sera placé symétriquement au rail.

Le contre-rail sera fixé, comme le rail, par les tirefonds de chaque côté du patin.

La largeur de l'ornière sera maintenue par des cales en fonte et des boulons, mais seulement où la nécessité en sera reconnue et suivant ordre de service spécial.

Toutes les ornières se termineront des deux côtés par une partie évasée obtenue en infléchissant les contre-rails sur de 0^{m} 200 de longueur (voir croquis, fig. 192).

L'entaille de la traverse pour recevoir le contre-rail devra se faire avec assez de précision pour que le patin du contre-rail s'appuie contre un talon en bois du côté de l'axe de la voie.

CHAPITRE III

SABOTAGE DES TRAVERSES

Entaillage des traverses. — Les entailles sont tracées au moyen du *gabarit* sur la face la moins plane de la traverse, et à peu près à égale distance de ses extrémités ; on pourra toutefois modifier un peu cette position, quand cela sera nécessaire, pour placer l'entaille sur une partie plus saine et plus propre à servir d'appui au rail.

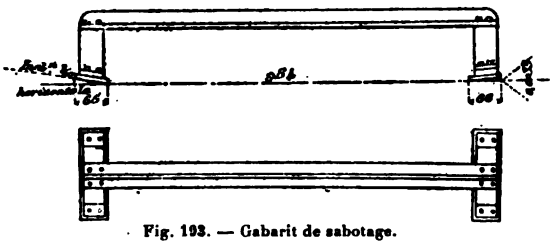


Fig. 193. — Gabarit de sabotage.

Les entailles faites à l'*herminette* devront être bien exactement dressées suivant l'inclinaison de 1/20, de manière que les sabots du gabarit s'y appliquent parfaitement ; elles seront limitées par des traits de scie formant épaulement pour le patin du rail.

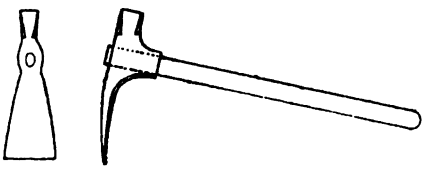


Fig. 194. — Herminette.

Hauteur des épaulements. — Les épaulements devront avoir 5^{mm}, c'est-à-dire l'épaisseur du patin du rail, de manière à permettre le serrage des tirefonds; par suite, toutes les fois que le sabotage aura conduit à un épaulement plus fort, il sera nécessaire de réduire ce dernier au moyen d'un démaigrissement de la traverse, pratiqué sur une largeur de 5 centimètres environ, le long de l'entaille. Il ne devra y avoir aucun jeu entre le gabarit et les épaulements extérieurs.

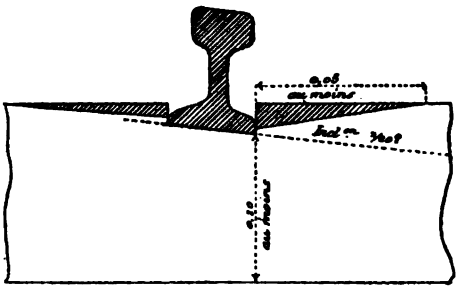


Fig. 195. — Démaigrissement.

L'épaisseur du bois sous l'entaille ne devra pas être réduite à moins de 0^{m} 10. Les arêtes du fond des entailles devront être sensiblement parallèles à la face intérieure de la traverse.

Perçage. — Il sera percé un trou de tirefond de chaque côté du rail. Ces trous seront disposés de manière que les fibres du bois, attaquées par chacun d'eux, soient distantes entre elles de 0^{m} 05 environ.

Le perçage des trous des tirefonds sera fait de part en part de la traverse, suivant l'inclinaison du rail, avec une tarière du diamètre de 10^{mm} (0^{m} 010 fort).

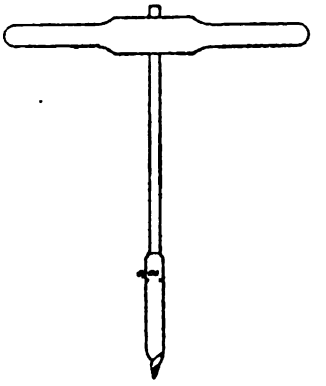


Fig. 196. — Tarière.

Soins a donner aux gabarits. — Les gabarits étant essentiellement des outils de précision, on veillera à ce qu'ils soient manœuvrés avec précaution et l'on s'assurera, au moins deux fois par jour, de leur exactitude, au moyen d'une *jauge de vérification* dont chaque atelier sera pourvu.

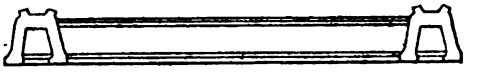


Fig. 197. — Jauge de vérification des gabarits.

Lorsqu'un gabarit sera tant soit peu faussé, il sera immédiatement retiré de l'atelier de sabotage et réparé.

Vérification et réception des traverses. — La vérification et la réception des traverses seront faites chaque jour et constatées par une marque spéciale, à la peinture.

Toute traverse, dont le sabotage sera reconnu défectueux lors de la première vérification ou même de l'emploi, sera mise de côté, et le sabotage en sera refait au compte de l'entrepreneur.

Outils et objets nécessaires. — Chaque équipe d'entaillage devra être munie des objets suivants :

Une scie de travers,
Deux herminettes,
Quatre tarières de 0m 01,
Un gabarit d'entaillage.

En outre, le surveillant du chantier devra avoir :

Une jauge de vérification du gabarit d'entaillage,
Un gabarit d'entaillage pour vérification,
Un exemplaire de la présente instruction.

Enfin, les gabarits et outils de rechange qui pourront être nécessaires, suivant l'importance du chantier.

CHAPITRE IV

POSE DE LA VOIE

Tracé de la voie en plan et en profil. — Avant de procéder à la pose de la voie, l'axe du chemin de fer sera tracé et repéré exactement, en plan et en profil, au moyen de piquets.

Afin de ne pas gêner le travail de pose, ces piquets seront placés en dehors de la voie (soit à 1m 30 de l'axe), sur l'un des côtés, dans les alignements, mais toujours du côté du petit rayon dans les courbes.

Les piquets seront espacés *au plus* de 100 en 100 mètres dans les alignements et de 25 en 25 mètres dans les courbes.

La tête des piquets, recepée au besoin, sera au niveau du plan de roulement des rails.

Des piquets plus longs seront en outre établis à toutes les naissances et fins de courbes et à tous les points de changement d'inclinaison.

Règlement de la plateforme. — Le tracé ainsi terminé, la plateforme des terrassements sera parfaitement réglée à 0m 35 au dessous des piquets de nivellement.

Quand la voie devra être posée sur les accotements des routes et chemins, la plateforme destinée à la recevoir sera réglée avec une pente transversale de 0m 01 par mètre vers le fossé voisin de la route.

Dans les parties à travers champs, la plateforme des terrassements sera réglée, avec une pente transversale de $0^m 01$ par mètre de chaque côté de l'axe, dans les alignements; mais, pour les parties en courbe, cette pente de $0^m 01$ s'étendra d'une rive à l'autre, en s'inclinant vers le petit rayon de la courbe.

Pose de la voie. — La plateforme des terrassements ainsi parfaitement dressée, la voie sera posée directement sur terre. On s'en servira, comme il sera dit plus loin, pour amener le ballast dont elle doit être garnie, ainsi que les matériaux qui doivent servir à la prolonger.

Voici l'ordre à observer dans la pose de la voie.

Les traverses sont amenées à pied d'œuvre par des *coltineurs* et déposées sur la plateforme.

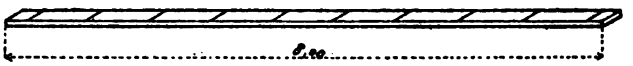


Fig. 198. — Règle de répartition des traverses.

Elles sont réparties dans leurs emplacements au moyen d'une *règle en bois* portant des repères indiquant les espacements admis.

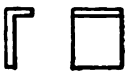


Fig. 199. Cale de joint.

Les rails sont ensuite placés bout à bout, en ayant soin que les marques de fabrique soient à l'intérieur de la voie, afin qu'on puisse les apercevoir en parcourant la ligne.

On règle convenablement les joints, en raison de la température du moment, comme il a été dit précédemment, au moyen de petites cales en fer plat, coudées à une extrémité.

En commençant l'opération, on vérifiera la position du joint de départ, au moyen de l'*équerre de pose*, pour s'assurer si les joints des deux files de rails se trouvent bien sur une même normale à l'axe de la voie. En courbe, on intercalera les rails courts de $7^m 90$ en quantité suffisante, comme il a été dit précédemment.

Puis les joints sont assemblés avec les éclisses, qu'on munit d'abord des deux boulons extrêmes seulement qui, autant que possible, sont serrés à la main; après quoi, on place les deux boulons intermédiaires.

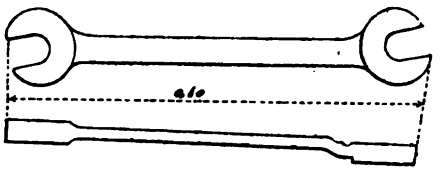


Fig 201. — Clef à écrou.

Fig. 200. Équerre de pose.

Les boulons sont alors serrés avec la *clef à écrou*, mais *sans effort*, de manière à se borner à

approcher les éclisses des rails pour maintenir le joint et à laisser un faible jeu dans l'assemblage pour faciliter les relevages de la voie et éviter de fausser les éclisses[1].

Sur les deux files de rails on marque à la craie l'emplacement de chaque traverse, que l'on règle dans la position définitive qu'elle doit occuper, en ayant soin de faire appliquer exactement le patin du rail dans l'entaille de la traverse.

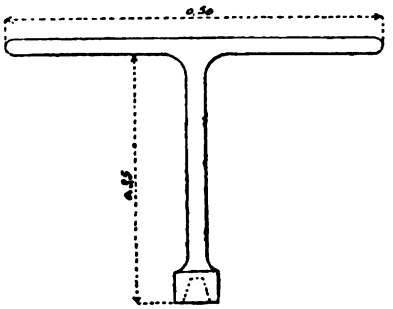


Fig. 202. — Clef de tirefond.

On pose alors les tirefonds en les introduisant à la main dans les trous et on les visse à l'aide de la *clef à douille et à béquille* (fig. 202). L'enfoncement par percussion est expressément interdit. Les tirefonds doivent être descendus à fond, mais non encore serrés à bloc[1].

Les poseurs chargés de visser les tirefonds doivent être exercés à les diriger dans le sens du trou incliné au 1/20. Ils doivent avoir soin de placer un *gabarit d'écartement* bien normalement à la voie et tout près de la traverse à fixer, et opérer le serrage de chaque tirefond en procédant progressivement, et non immédiatement à fond, en terminant le serrage par le tirefond intérieur. Sans ces précautions, le tirefonnage pourrait déverser le rail et fausser la largeur de la voie.

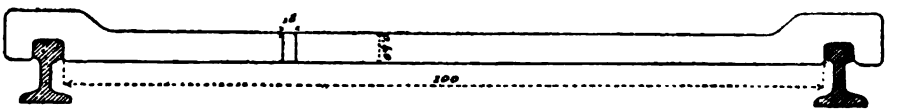


Fig. 203. — Gabarit de tirefonnage.

La voie posée ainsi sur terre sert au transport des matériaux qui doivent la prolonger et au ballast dans lequel elle doit être incorporée.

Ballastage de la première couche. — Le ballastage doit se faire en deux couches; la première couche (couche du fond) pour mettre les rails à hauteur, et la seconde couche (couche supérieure) pour remplir et régler suivant le profil.

Tout train de ballast devra marcher machine en arrière. On devra avoir soin, en outre, qu'il ne passe jamais sur la voie posée sur terre plus d'un train de ballast avant le premier relèvement. A cet effet, tout train de ballast

1. Le serrage définitif et à bloc des *boulons* et tirefonds devra être opéré seulement après le relevage définitif, ainsi qu'il sera dit ci-après.

arrivant sur une section de voie posée sur terre doit y pénétrer très lentement, et s'y arrêter dès qu'il y est engagé de sa longueur; il est déchargé sur place, puis aussitôt ramené en arrière.

La voie est alors relevée, convenablement réglée et affermie, de manière à pouvoir recevoir les trains suivants sans aucun dommage pour aucune des parties qui la composent.

RELEVAGE DE LA VOIE. — Le relevage a pour but d'amener la voie au niveau qu'elle doit occuper (paliers, pentes, rampes, dévers).

A cet effet, au droit de chaque piquet de nivellement, on soulève la voie à la hauteur voulue au moyen d'*anspecks* et on l'y maintient en refoulant le ballast sous les traverses, au moyen de *pelles* ou de *battes*.

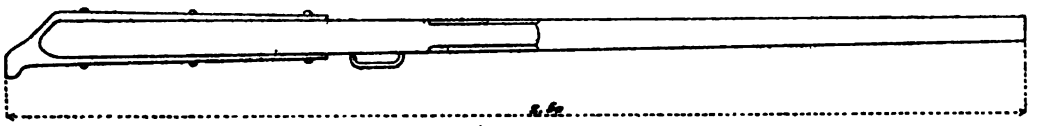


Fig. 204. — Anspeck.

Entre deux piquets de nivellement au droit desquels la voie est ainsi relevée, on opère le relevage des points intermédiaires au moyen d'un jeu de *trois nivelettes*.

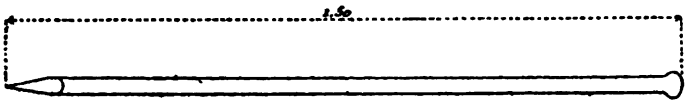


Fig. 205. — Pince à riper.

Dans ces relevages, il importe toujours d'agir sous les traverses et jamais sous les rails, afin de ne pas fatiguer les attaches.

On arrive à la hauteur définitive par des relèvements successifs, dont aucun ne doit dépasser 0^m08 à 0^m10 de hauteur. En conséquence, on fera toujours au minimum deux relèvements successifs, puisque l'épaisseur du ballast sous les traverses est fixée à 0^m16 environ. Mais, sur les remblais qui auraient tassé, le nombre des relèvements sera plus considérable et variera avec le tassement de ces remblais.

Le chef poseur conduira ces relèvements avec précaution en ménageant des raccordements convenables et sans ressauts brusques avec les parties non relevées.

DRESSAGE DE LA VOIE. — Lorsque la voie est à hauteur, il faut la dresser de façon à lui donner les alignements droits et courbes prescrits.

Le dressage se fait en *ripant* la voie au moyen de pinces en fer, dites

pinces à riper, en agissant sur le rail lui-même, ce qui est sans inconvénient, la résistance au déplacement étant peu considérable.

Le dressage est fait sous la direction du chef poseur.

Serrage définitif. — Lorsque la voie sera dressée et nivelée, et qu'on aura vérifié que toutes les prescriptions précédentes sont remplies, on procèdera au serrage définitif des boulons et tirefonds.

Le serrage des tirefonds doit avoir pour effet d'assurer un bon contact du rail et de la traverse, mais ne doit pas être poussé au delà.

Le serrage des boulons d'éclisses est celui qui résulte de l'effort d'un homme de force moyenne appliqué à l'extrémité d'une clef ayant $0^m 40$ de longueur. Un serrage plus énergique n'assurerait pas à l'éclisse un meilleur effet, et courrait le risque de détruire ou au moins d'altérer les filets des boulons.

On aura soin, dans le serrage des boulons, de s'arranger de manière à ce que le côté supérieur de l'écrou soit tenu horizontalement, afin d'éviter la détérioration des écrous par les bandages des roues à la limite extrême d'usure.

Le serrage des boulons sera *constamment entretenu* et celui des tirefonds sera revu une deuxième fois avant la mise en exploitation.

Les boulons ont beaucoup de tendance à se desserrer sous le passage des trains, pendant les premiers mois qui suivent la pose. Si le serrage en est fait avec les soins convenables et chaque fois qu'il en est besoin, au bout de peu de temps, ils se maintiendront beaucoup mieux. Si, au contraire, le serrage est négligé, les filets ne tarderont pas à se manger par le mouvement que produira le passage des trains et il devient impossible de serrer les écrous ; on est alors obligé de changer les boulons.

Bourrage. — On exécutera ensuite le bourrage du ballast sous les traverses.

Le bourrage est une opération des plus importantes : elle a pour but de refouler le ballast en dessous des traverses, de façon qu'il forme une masse incompressible et perméable, susceptible de résister aux efforts considérables auxquels elle sera soumise.

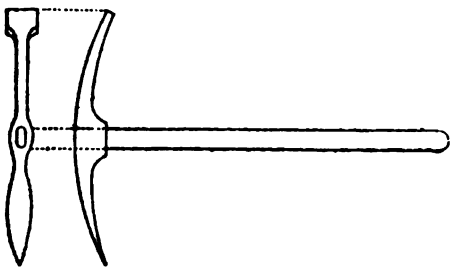


Fig. 206. — Pioche à bourrer.

Le ballast est refoulé sous les traverses avec la *batte* ou *pioche à bourrer*. Les premiers coups sont donnés presque verticalement, afin d'augmenter la cohésion du ballast, puis on incline peu à peu l'outil et l'on termine par des coups horizontaux, en ayant soin de ménager les arêtes

des traverses. Les points les plus fatigués doivent être bourrés le plus fortement. Dans les voies sur traverses, pour que l'assiette soit bonne, il faut que les traverses n'aient de tendance à se déverser d'aucun côté. A cet effet, le bourrage sous les traverses doit être très fort vers les extrémités et pas du tout au milieu de la traverse.

Pour bien comprimer le ballast sous la traverse, il faut bourrer successivement aux quatre points *a*, *b*, *c*, *d* (fig. 207). Un bourrage mal réparti peut provoquer la rupture des traverses et donner, en tout cas, une voie peu stable. Au moyen de coups de batte appliqués sur la face supérieure de la traverse, le chef poseur s'assure si le bourrage a été bien fait.

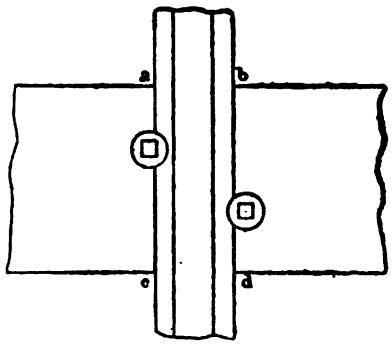


Fig. 207.

Réglage définitif. — Le bourrage doit être suivi d'un réglage définitif.

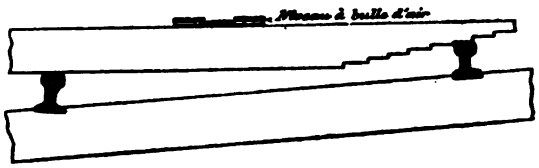


Fig. 208. — Règle à gradins.

On vérifie la régularité des alignements, la constance des courbures, la valeur des dévers, le raccordement des déclivités, etc.

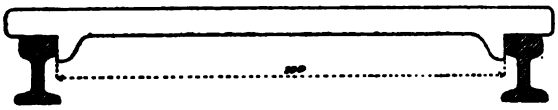


Fig. 209. — Règle d'écartement.

La régularité des alignements se vérifie à l'œil;

La constance des courbures, au moyen d'un cordeau tendu le long du rail et en mesurant la flèche au milieu;

La valeur des dévers, en posant transversalement à la voie et de niveau, la règle à gradins correspondant aux différents surhaussements (voir croquis ci-contre);

Enfin, la largeur de la voie doit être constamment vérifiée avec la règle d'écartement.

On efface les irrégularités du plan avec les pinces à riper, et celles du profil en forçant le bourrage des points bas ou atténuant celui des points

hauts au moyen de petits coups de masse sur l'appui. Mais, si la différence est grande, ce qui indique une pose peu soignée, il faut, de toute nécessité, enlever le ballast et procéder à un relevage partiel.

Achèvement du ballast et garnissage de la voie. — Ces opérations faites, on procède à la deuxième couche de ballast, c'est-à-dire au garnissage de la voie.

On commence, à cet effet, par charger de ballast les extrémités des traverses. Mais il convient que la voie reste dégarnie à l'intérieur pendant quelque temps, en vue de faciliter le resserrage des tirefonds et boulons d'éclisses.

Quelque attention qu'on ait en effet apportée à l'exécution primitive du bourrage, la circulation peut altérer la régularité de la voie. On remédie soigneusement à toutes ces altérations en assurant solidement la position des traverses, jusqu'à ce que ces mouvements se soient à peu près arrêtés. C'est alors seulement que l'on complète le garnissage intérieur de la voie. On a d'ailleurs soin de comprimer le ballast contre les extrémités des traverses, principalement du côté du grand rayon des courbes, et de laisser dégarnis les écrous des boulons d'éclisses.

Règlement du ballast. — Le ballast sera définitivement réglé suivant les prescriptions du cahier des charges et conformément aux profils en travers types, relatifs aux parties de voie à travers champs, sur routes ou accotements.

CHAPITRE V

OPÉRATIONS DIVERSES SUR LES RAILS AU MOMENT DE LA POSE

Rails a couper. — Lorsqu'il y aura lieu de couper des rails pour les besoins de la pose, on devra faire cette opération à chaud ou à froid, suivant la forme à donner à la section, savoir :

1° Lorsque la coupe devra être perpendiculaire à la longueur, elle sera faite à froid au burin ou à la cisaille et terminée à la lime, de manière à obtenir une section bien d'équerre, à angles bien vifs et sans déformation du calibre ;

2° Lorsque, au contraire, il s'agira de faire des coupes de sujétion, soit biaises, soit à entailles, l'opération aura lieu à chaud.

On aura bien soin, dans ce cas, de ne pas déformer le rail près des parties tranchées, ou tout au moins de le ramener à sa forme primitive en le refoulant et le reforgeant convenablement et en retouchant, au burin et à la lime, toutes les parties qui en auraient besoin, de manière à enlever toutes les bavures, rétablir le calibre et obtenir des sections bien nettes et présentant les formes prescrites.

Rails a couder. — Lorsqu'il s'agira de couder des rails, soit aux extrémités, soit sur un point quelconque de leur longueur, pour l'établissement des contre-rails et des appareils spéciaux de la voie, on opèrera toujours à chaud.

Cette opération se fera, comme la précédente, avec toutes les précautions nécessaires pour ne pas altérer la forme du rail ou la qualité du métal.

Rails a cintrer. — Le cintrage du rail, pour les courbes de faible rayon, sera fait à la machine.

Poses spéciales. — Des dessins spéciaux, accompagnés, s'il y a lieu, d'instructions particulières, seront successivement fournis pour les détails de pose des voies sur longrines, des changements, croisements et autres appareils exceptionnels de la voie.

OUTILS ET OBJETS DONT DOIT ÊTRE MUNIE UNE ÉQUIPE DE POSE DE VOIE

Chaque équipe de pose de voie devra être munie en quantité suffisante, suivant son importance, des outils et objets désignés ci-dessous :

Anspecks de $2^m 50$,
Battes à bourrer,
Blocs d'anspecks,
Boîte à boulons d'éclisses,
Burins,
Cales (spéciales) pour réglage des joints,
Clefs à boulons d'éclisses,
Clefs à douille pour tirefonds,
Équerre à talons avec branches,
Herminette,
Jeu de nivelettes,
Limes,
Lorry,
Marteau rivoir,
Niveau à bulle d'air,
Pellon en bois,
Pince à riper,
Presse à dresser et à cintrer les rails,

Règle d'écartement et barre de tirefonnage,
Règle à dévers,
Règle de 2 mètres graduée,
Règle en bois pour l'espacement des traverses,
Tarières,
Thermomètre (spécial).

Drapeau rouge, Drapeau vert, Lanterne signal, Règlement des signaux.	La règlementation de ces signaux sera faite pendant l'exploitation. Pendant la construction, l'entreprise prendra toutes les mesures de sécurité utiles.

Le chef poseur devra être muni d'un exemplaire de la présente instruction, ainsi que de la feuille des profils en travers types.

Paris, le 12 mai 1887.

Le Concessionnaire,

FALIÈS

ANNEXE D

MINISTÈRE
DES
TRAVAUX PUBLICS

DIRECTION
des Chemins de Fer

3e DIVISION

1er BUREAU

FRAIS
DE
Transbordement

ARRÊTÉ DU 8 MARS 1890

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Paris, le 17 mai 1890.

MESSIEURS,

J'ai pris connaissance des observations que vous m'avez adressées, le 7 mai courant, au sujet de l'arrêté du 8 mars dernier, qui a fixé la taxe à percevoir pour la transmission des marchandises passant d'une ligne à voie étroite sur une ligne à voie normale, et vice versa.

Cet arrêté dispose « qu'il sera perçu..... un droit de 70 centimes par tonne..... à partager comme suit :

« 40 centimes de frais de gare à partager entre les deux Compagnies;

« 30 centimes pour la Compagnie qui effectue les opérations du transbor-
« dement. »

Or, dites-vous, la clause qui fixe l'attribution de 30 centimes à la Compagnie qui a effectué le transbordement est irréalisable en droit comme en fait, et, dans tous les cas, cette attribution ne vous semble pas devoir être fixée par un arrêté ministériel. En effet, « l'arrêté ministériel a pour but de fixer le droit de trans-
« mission à percevoir du public, mais il ne peut aller jusqu'à déterminer que cette
« perception *est la rémunération de la Compagnie qui a effectué le transbordement.* »
« En fait, ajoutez-vous, le transbordement est souvent fait tantôt par l'une des
« Compagnies, tantôt par l'autre, tantôt par les deux ensemble suivant les sens des
« échanges, la nature des marchandises, etc., etc.; par suite, il serait, dans bien
« des cas, à peu près impossible ou au moins très compliqué d'appliquer les
« 30 centimes à la Compagnie ayant effectué le transbordement. Il se présenterait
« d'ailleurs dans la pratique cette difficulté que, pour faire l'application des taxes,

A MM. les Administrateurs de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

« avec la division prescrite par l'arrêté, les gares de tous les réseaux auraient « besoin de savoir à l'avance, pour chacune des gares de jonction, si le transbor- « dement est fait par la petite ou par la grande Compagnie. C'est une impossibilité « évidente. »

Vous me demandez, en conséquence, de modifier l'arrêté du 8 mars de telle sorte que le libellé indique simplement que le droit est fixé à 70 centimes « à par- « tager par moitié entre les deux Compagnies » et vous ajoutez que « vous fixerez la « date d'application de l'arrêté aussitôt que j'aurai bien voulu régler, comme vous « en exprimez le désir, le point de détail qui fait l'objet de votre lettre ».

Il est regrettable, Messieurs, que l'arrêté du 8 mars ne soit pas encore en application, et cela à raison d'un « point de détail » au sujet duquel vous avez d'ailleurs attendu près de deux mois pour présenter vos observations. Je ne saurais admettre que la mise en vigueur des décisions administratives soit ainsi subordonnée à l'accueil qui peut être fait aux objections que vous croyez à propos de formuler, et je vous invite, en conséquence, à vous conformer sans plus de retard à l'arrêté précité.

Ce point réglé, j'ajoute que vos objections ne me paraissent pas mieux fondées en droit qu'en fait.

En droit, je ne vois pas comment on pourrait distinguer entre *la fixation* d'une taxe destinée à rémunérer un service, et *l'attribution* de cette taxe à la personne qui rend ce service. Car, puisque la taxe n'a d'autre raison d'être, d'autre cause que le service rendu, comment concevoir qu'elle soit perçue par une autre personne que celle qui rend le service ? Dans l'espèce, une taxe de 30 centimes est allouée, en sus des frais ordinaires de transmission, pour rémunérer les frais du transbordement que nécessite l'inégale largeur de voies des chemins de fer entre lesquels s'échangent les marchandises : comment concevoir que ces 30 centimes ne soient pas alloués à la Compagnie qui effectue le transbordement ?

Au surplus, la formule que vous indiquez : « fixation d'un droit de 70 centimes..... *à partager par moitié entre les deux Compagnies*, » implique bien aussi *attribution* de la taxe; mais cette attribution serait illégale autant qu'injuste, si l'on ne posait pas en principe que les deux Compagnies entre lesquelles doit se partager la taxe sont également tenues d'effectuer et effectuent également le transbordement que la taxe a pour objet de rémunérer. Or, vous constatez vous-mêmes que le transbordement est fait tantôt par l'une, tantôt par l'autre des deux Compagnies, quelquefois par les deux ensemble. N'est-il pas manifeste, dès lors, que la seule formule vraiment conforme à la réalité des choses est celle qui attribue la taxe à la Compagnie qui effectue le transbordement ? Serait-il admissible que moitié de la taxe fût perçue par une Compagnie qui ne participerait pas aux frais de l'opération ?

Mais, direz-vous, la Compagnie qui n'opère pas le transbordement n'en supporte pas moins sa part des charges, attendu que les conditions dans lesquelles s'effectue le transbordement sont réglées par des conventions, dans lesquelles la Compagnie qui se charge des opérations stipule une rémunération de la part de l'autre Compagnie.

L'arrêté du 8 mars ne fait pas obstacle, Messieurs, aux conventions passées entre Compagnies pour régler la communauté des gares et l'échange des marchandises, et la situation, à ce point de vue, est absolument la même que si l'arrêté attribuait la taxe *pour moitié* à chaque Compagnie. Dans un cas, en effet, comme dans l'autre, la Compagnie qui n'effectue pas le transbordement doit payer à celle qui s'en charge une rémunération dont le montant est fixé par l'arrangement intervenu entre elles.

Il n'existe donc, en droit, aucun motif de modifier une formule qui, sans rien changer aux rapports des Compagnies entre elles, a, sur la formule que vous proposez, le double avantage de correspondre plus exactement à la réalité des choses, et de justifier, par l'énoncé même, la taxe imposée au public.

Vos objections de fait n'ont certainement pas plus de valeur. Comment, en effet, le fait d'énoncer que la taxe du transbordement est destinée à la Compagnie qui effectue le transbordement peut-elle compliquer les comptes des Compagnies? Comment surtout peut-il créer des difficultés au point de vue de l'application des taxes? Il m'est impossible de le voir. Car tout échange de marchandises entre deux lignes donne lieu nécessairement à un décompte, soit que l'expédition ait lieu en port payé, soit qu'elle ait lieu en port dû. Et, dès lors, comment ce décompte sera-t-il plus compliqué parce que, en principe et sauf conventions intervenues entre les Compagnies intéressées, la taxe doit être attribuée à celle qui fait le transbordement, au lieu d'être attribuée par moitié à chacune des deux Compagnies?

Est-ce que, d'autre part, pour établir la taxe qui, au regard du public, est toujours de 30 centimes, l'agent de la gare expéditrice a besoin de savoir qu'elle est la Compagnie qui effectue le transbordement et à qui, dès lors, doit revenir cette taxe (sauf les arrangements ci-dessus mentionnés)?

Je n'insiste pas, Messieurs. A quelque point de vue que l'on se place, l'attribution de la taxe à la Compagnie qui effectue le transbordement ne saurait créer plus de difficultés que l'attribution de cette taxe *pour moitié* à chaque Compagnie. Vos objections de fait sont donc aussi peu fondées que vos objections de droit, et je ne puis, en conséquence, que vous prier à nouveau de mettre en application l'arrêté du 8 mars dernier.

Je vous serai d'ailleurs obligé de m'accuser réception de la présente dépêche.

Recevez, Messieurs, etc...

LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Conseiller d'État,
Directeur des chemins de fer,

GAY.

Cette décision a été confirmée par le Ministre des travaux publics, le 13 juin 1890, après de nouvelles observations des Compagnies.

ANNEXE E

PÉNÉTRATION D'UNE LIGNE A VOIE ÉTROITE A L'INTÉRIEUR D'UNE LIGNE A VOIE NORMALE

Lorsqu'on adopte la solution dont nous avons parlé (p. 110) pour permettre aux lignes à voie étroite de franchir économiquement les grandes vallées, c'est-à-dire lorsqu'on les établit en empruntant la voie des lignes à voie normale, aucune difficulté ne se présente au point de pénétration, si la voie étroite a le même axe que la grande voie, c'est-à-dire dans le système de la ligne à quatre rails. Dans ce cas, les deux rails de la petite voie rencontrent l'un des rails de la grande en deux points où l'on établit les appareils habituels de croisement : les deux rails qui se rencontrent sont réunis dans leur partie commune par une pointe de cœur; les rails interrompus sont coudés en forme de pattes de lièvre et des contre-rails, placés en face de la pointe, guident la direction des roues.

Il n'en est pas de même dans le système de la ligne à trois rails; il faut, dans ce cas, que l'un des rails de la petite voie vienne se raccorder avec un de ceux de la grande et que la continuité des deux voies soit assurée dans les deux directions.

Nous représentons (fig. 210) la disposition employée sur le réseau de l'État pour réaliser cette condition au point de pénétration de la ligne à voie étroite de Nantes à Legé dans la ligne à voie normale de Nantes à La Roche-sur-Yon par Challans. La réunion des deux voies est obtenue sans aiguille. La figure fait bien comprendre comment le raccordement est établi :

A la rencontre du rail dc droite de la petite voie avec le rail de gauche de la grande est posé un croisement ordinaire, avec pointe de cœur, pattes de lièvre et contre-rails.

A la rencontre du rail de gauche de la petite voie avec le rail de gauche de la grande, l'appareil employé est semblable à celui d'une traversée oblique; la roue opposée est guidée par des contre-rails sur la grande et sur la petite voie.

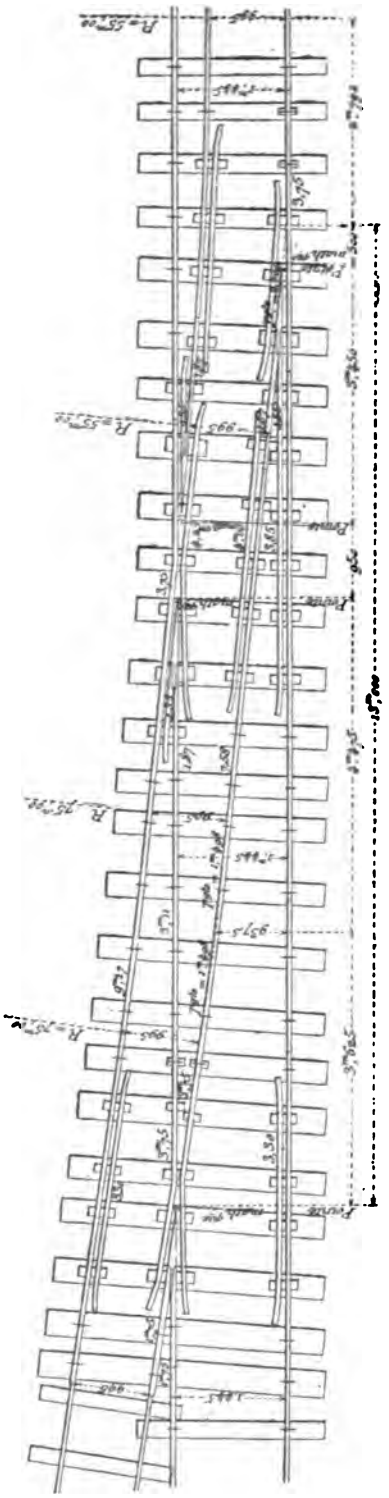


Fig. 210. — Pénétration de la ligne à voie étroite de Nantes à Legé dans la voie Etat (ligne de Nantes à La Roche par Challans). Echelle de 1/100.

Enfin, au point de raccordement du rail de droite de la petite voie avec le rail de droite de la grande est établie une pointe de cœur, avec contre-rails pour guider les deux roues sur la petite voie. L'espace qui existe entre cette pointe et le rail voisin de la grande voie est suffisamment réduit pour que le bandage des roues de la petite voie puisse aborder cette pointe sans crainte de déraillement; il suffit pour cela que la vitesse soit limitée à 8 ou 10 kilomètres à l'heure.

L'appareil tout entier est posé en rails de la grande voie façonnés et en rails rectangulaires. Les coussinets représentés sur la figure sont tous spéciaux; ils sont au nombre de 42, dont 24 d'un type existant et 18 d'un modèle particulier à la pénétration de la voie étroite.

Les courbes de raccordement de la petite voie ont des rayons de 75 et 55 mètres, et sont séparées par un alignement droit de 5^{m} 10 de longueur, dans lequel est établi l'appareil de traversée oblique.

L'emploi de ces dispositions sur la ligne de Nantes à Legé a permis à cette petite ligne d'emprunter la voie de l'État pour traverser un bras de la Loire à Nantes (le bras Pirmil) et, par suite, de pénétrer jusque dans la ville en évitant l'énorme dépense qu'aurait entraînée la construction d'un nouveau pont.

Il faut féliciter grandement l'administration du réseau de l'État d'avoir adopté cette solution et procuré à l'établissement d'une ligne à voie étroite des facilités que les petites Compagnies ne sont pas habituées à rencontrer auprès des grandes.

DOCUMENTS OFFICIELS

LOI DU 11 JUIN 1880

RELATIVE AUX CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET AUX TRAMWAYS

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,
Le président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

CHAPITRE PREMIER

Chemins de fer d'intérêt local.

ARTICLE PREMIER. — L'établissement des chemins de fer d'intérêt local par les départements ou par les communes, avec ou sans le concours des propriétaires intéressés, est soumis aux dispositions suivantes.

ART. 2. — S'il s'agit de chemins à établir par un département, sur le territoire d'une ou plusieurs communes, le conseil général arrête, après instruction préalable par le préfet et après enquête, la direction de ces chemins, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation, en se conformant aux clauses et conditions du cahier des charges type approuvé par le Conseil d'État, sauf les modifications qui seraient apportées par la convention et la loi d'approbation.

Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, il y aura lieu à l'application des articles 89 et 90 de la loi du 10 août 1871.

S'il s'agit de chemins de fer d'intérêt local à établir par une commune sur son territoire, les attributions confiées au conseil général par le paragraphe 1er du présent article seront exercées par le conseil municipal dans les mêmes conditions et sans qu'il soit besoin de l'approbation du préfet.

Les projets de chemins de fer d'intérêt local départementaux ou communaux, ainsi arrêtés, sont soumis à l'examen du conseil général des Ponts et Chaussées et du Conseil d'État. Si le projet a été arrêté par un conseil municipal, il est accompagné de l'avis du conseil général.

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par une loi.

Art. 3. — L'autorisation obtenue, s'il s'agit d'un chemin de fer concédé par le conseil général, le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef du département, soumet les projets d'exécution au conseil général, qui statue définitivement.

Néanmoins, dans les deux mois qui suivent la délibération, le ministre des travaux publics, sur la proposition du préfet, peut, après avoir pris l'avis du conseil général des Ponts et Chaussées, appeler le conseil général du département à délibérer de nouveau sur lesdits projets.

Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, et s'il y a désaccord entre les conseils généraux, le ministre statue.

S'il s'agit d'un chemin concédé par un conseil municipal, les attributions exercées par le conseil général, aux termes du paragraphe 1er du présent article, appartiennent au conseil municipal, dont la délibération est soumise à l'approbation du préfet.

Si un chemin de fer d'intérêt local doit emprunter le sol d'une voie publique, les projets d'exécution sont précédés de l'enquête prévue par l'article 29 de la présente loi.

Dans ce cas, sont également applicables les articles 34, 35, 37 et 38 ci-après.

Les projets de détail des ouvrages sont approuvés par le préfet sur l'avis de l'ingénieur en chef.

Art. 4. — L'acte de concession détermine les droits de péage et les prix de transport que le concessionnaire est autorisé à percevoir pendant toute la durée de sa concession.

Art. 5. — Les taxes perçues dans les limites du maximum fixé par le cahier des charges sont homologuées par le ministre des travaux publics, dans le cas où la ligne s'étend sur plusieurs départements, et dans le cas de tarifs communs à plusieurs lignes. Elles sont homologuées par le préfet dans les autres cas.

Art. 6. — L'autorité qui fait la concession a toujours le droit :

1° D'autoriser d'autres voies ferrées à s'embrancher sur des lignes concédées ou à s'y raccorder;

2° D'accorder à ces entreprises nouvelles, moyennant des droits de péage fixés par le cahier des charges, la faculté de faire circuler leurs voitures sur les lignes concédées;

3° De racheter la concession aux conditions qui seront fixées par le cahier des charges;

4° De supprimer ou de modifier une partie du tracé lorsque la nécessité en aura été reconnue après enquête.

Dans ces deux derniers cas, si les droits du concessionnaire ne sont pas réglés par un accord préalable ou par un arbitrage établi soit par le cahier des charges, soit par une convention postérieure, l'indemnité qui peut lui être due est liquidée par une commission spéciale formée comme il est dit au paragraphe 3 de l'article 11 de la présente loi.

Art. 7. — Le cahier des charges détermine :

1° Les droits et les obligations du concessionnaire pendant la durée de la concession;

2° Les droits et les obligations du concessionnaire à l'expiration de la concession;

3° Les cas dans lesquels l'inexécution des conditions de la concession peut entraîner la déchéance du concessionnaire, ainsi que les mesures à prendre à l'égard du concessionnaire déchu.

La déchéance est prononcée, dans tous les cas, par le ministre des travaux publics, sauf recours au Conseil d'État par la voie contentieuse.

ART. 8. — Aucune concession ne pourra faire obstacle à ce qu'il soit accordé des concessions concurrentes, à moins de stipulation contraire dans l'acte de concession.

ART. 9. — A l'expiration de la concession, le concédant est substitué à tous les droits du concessionnaire sur les voies ferrées, qui doivent lui être remises en bon état d'entretien.

Le cahier des charges règle les droits et les obligations du concessionnaire en ce qui concerne les autres objets mobiliers ou immobiliers servant à l'exploitation de la voie ferrée.

ART. 10. — Toute cession totale ou partielle de la concession, la fusion des concessions ou des administrations, tout changement de concessionnaire, la substitution de l'exploitation directe à l'exploitation par concession, l'élévation des tarifs au dessus du maximum fixé, ne pourront avoir lieu qu'en vertu d'un décret délibéré en Conseil d'État, rendu sur l'avis conforme du conseil général, s'il s'agit de lignes concédées par les départements, ou du conseil municipal, s'il s'agit de lignes concédées par les communes.

Les autres modifications pourront être faites par l'autorité qui a consenti la concession : s'il s'agit de lignes concédées par les départements, elles seront faites par le conseil général statuant conformément aux articles 48 et 49 de la loi du 10 août 1871 ; s'il s'agit de lignes concédées par les communes, elles seront faites par le conseil municipal, dont la délibération devra être approuvée par le préfet.

En cas de cession, l'inobservation des conditions qui précèdent entraîne la nullité et peut donner lieu à la déchéance.

ART. 11. — A toute époque, une voie ferrée peut être distraite du domaine public départemental ou communal et classée par une loi dans le domaine de l'État.

Dans ce cas, l'État est substitué aux droits et obligations du département ou de la commune, à l'égard des entrepreneurs ou concessionnaires, tels que ces droits et obligations résultent des conventions légalement autorisées.

En cas d'éviction du concessionnaire, si ses droits ne sont pas réglés par un accord préalable ou par un arbitrage établi, soit par le cahier des charges, soit par une convention postérieure, l'indemnité qui peut lui être due est liquidée par une commission spéciale qui fonctionne dans les conditions réglées par la loi du 29 mai 1845. Cette commission sera instituée par un décret et composée de neuf membres, dont trois désignés par le ministre des travaux publics, trois par le concessionnaire, et trois par l'unanimité des six membres déjà désignés ; faute par ceux-ci de s'entendre dans le mois de la notification à eux faite de leur nomination, le choix de ceux des trois membres qui n'auront pas été désignés à l'unanimité sera fait par le premier président et les présidents réunis de la Cour d'appel de Paris.

En cas de désaccord entre l'État et le département ou la commune, les indemnités ou dédommagements qui peuvent être dus par l'État sont déterminés par un décret délibéré en Conseil d'État.

Art. 12. — Les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 peuvent être appliquées, en partie, à la dépense des voies ferrées, par les communes qui ont assuré l'exécution de leur réseau subventionné et l'entretien de tous les chemins classés.

Art. 13. — Lors de l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local, l'État peut s'engager, en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses de l'exploitation et cinq pour cent (5 p. °/₀) par an du capital de premier établissement, tel qu'il a été prévu par l'acte de concession, augmenté s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction par ledit acte, à subvenir pour partie au payement de cette insuffisance, à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée, par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

La subvention de l'État sera formée : 1° d'une somme fixe de cinq cents francs (500 fr.) par kilomètre exploité; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de dix mille francs (10 000 fr.) par kilomètre pour les lignes établies, de manière à recevoir les véhicules des grands réseaux; huit mille francs (8000 fr.) pour les lignes qui ne peuvent recevoir ces véhicules.

En aucun cas, la subvention de l'État ne pourra élever la recette brute au dessus de dix mille cinq cents francs (10 500 fr.) et de huit mille cinq cents francs (8 500 fr.) suivant les cas, ni attribuer au capital de premier établissement plus de cinq pour cent (5 °/₀) par an.

La participation de l'État sera suspendue quand la recette brute annuelle atteindra les limites ci-dessus fixées.

Art. 14. — La subvention de l'État ne peut être accordée que dans les limites fixées, pour chaque année, par la loi de finances.

La charge annuelle imposée au Trésor, en exécution de la présente loi, ne peut, en aucun cas, dépasser quatre cent mille francs (400 000 fr.) pour l'ensemble des lignes situées dans un même département.

Art. 15. — Dans le cas où le produit brut de la ligne pour laquelle une subvention a été payée devient suffisant pour couvrir les dépenses d'exploitation et six pour cent (6 °/₀) par an du capital de premier établissement, tel qu'il est prévu par l'article 13, la moitié du surplus de la recette est partagée entre l'État, le département ou, s'il y a lieu, la commune et les autres intéressés, dans la proportion des avances faites par chacun d'eux, jusqu'à concurrence du complet remboursement de ces avances, sans intérêts.

Art. 16. — Un règlement d'administration déterminera :

1° Les justifications à fournir par les concessionnaires pour établir les recettes et les dépenses annuelles;

2° Les conditions dans lesquelles seront fixés, en exécution de la présente loi, le chiffre de la subvention due par l'État, le département ou les communes, et, lorsqu'il y aura lieu, la part revenant à l'État, au département, aux communes ou aux intéressés, à titre de remboursement de leurs avances sur le produit net de l'exploitation.

Art. 17. — Les chemins de fer d'intérêt local qui reçoivent ou qui ont reçu une subvention du Trésor peuvent seuls être assujettis envers l'État à un service gratuit on à une réduction du prix des places.

ART. 18. — Aucune émission d'obligations, pour les entreprises prévues par la présente loi, ne pourra avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation donnée par le ministre des travaux publics, après avis du ministre des finances.

Il ne pourra être émis d'obligations pour une somme supérieure au montant du capital-actions, qui sera fixé à la moitié au moins de la dépense jugée nécessaire pour le complet établissement et la mise en exploitation de la voie ferrée. Le capital-actions devra être effectivement versé, sans qu'il puisse être tenu compte des actions libérées ou à libérer autrement qu'en argent.

Aucune émission d'obligations ne doit être autorisée avant que les 4/5 du capital-actions aient été versés et employés en achat de terrains, approvisionnements sur place ou en dépôt de cautionnement.

Toutefois, les concessionnaires pourront être autorisés à émettre des obligations lorsque la totalité du capital-actions aura été versée, et s'il est dûment justifié que plus de la moitié de ce capital-actions a été employée dans les termes du paragraphe précédent; mais les fonds provenant de ces émissions anticipées devront être déposés à la Caisse des dépôts et consignations et ne pourront être mis à la disposition des concessionnaires que sur l'autorisation formelle du ministre des travaux publics.

Les dispositions des paragraphes 2, 3 et 4 du présent article ne seront pas applicables dans le cas où la concession serait faite à une Compagnie dejà concessionnaire d'autres chemins de fer en exploitation, si le ministre des travaux publics reconnaît que les revenus nets de ces chemins sont suffisants pour assurer l'acquittement des charges résultant des obligations à émettre.

ART. 19. — Le compte rendu détaillé des résultats de l'exploitation, comprenant les dépenses d'établissement et d'exploitation et les recettes brutes, sera remis tous les trois mois, pour être publié, au préfet, au président de la Commission départementale et au ministre des travaux publics.

Le modèle des documents à fournir sera arrêté par le ministre des travaux publics.

ART. 20. — Par dérogation aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, le préfet peut dispenser de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie ferrée; il peut également dispenser de poser des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

ART. 21. — La construction, l'entretien et les réparations des voies ferrées avec leurs dépendances, l'entretien du matériel et le service de l'exploitation sont soumis au contrôle et à la surveillance des préfets, sous l'autorité du ministre des travaux publics.

Les frais de contrôle sont à la charge des concessionnaires. Ils seront réglés par le cahier des charges ou, à défaut, par le préfet, sur l'avis du conseil général, et approuvés par le ministre des travaux publics.

ART. 22. — Les dispositions de l'article 20 de la présente loi sont également applicables aux concessions de chemins de fer industriels destinés à desservir des exploitations particulières.

ART. 23. — Sur la proposition des conseils généraux ou municipaux intéressés, et après adhésion des concessionnaires, la substitution, aux subventions en capital promises en exécution de l'article 5 de la loi de 1865, de la subvention en annuités

stipulée par la présente loi, pourra, par décret délibéré en Conseil d'État, être autorisée en faveur des lignes d'intérêt local actuellement déclarées d'utilité publique et non encore exécutées.

Ces lignes seront soumises dès lors à toutes les obligations résultant de la présente loi.

Il n'y aura pas lieu de renouveler les concessions consenties ou les mesures d'instruction accomplies avant la promulgation de la présente loi, si toutes les formalités qu'elle prescrit ont été observées par avance.

Art. 24. — Toutes les conventions relatives aux concessions et rétrocessions de chemins de fer d'intérêt local, ainsi que les cahiers des charges annexés, ne seront passibles que du droit d'enregistrement fixe d'un franc.

Art. 25. — La loi du 12 juillet 1865 est abrogée.

CHAPITRE II

Tramways.

Art. 26. — Il peut être établi, sur les voies dépendant du domaine public de l'État, des départements ou des communes, des tramways ou voies ferrées à traction de chevaux ou de moteurs mécaniques.

Ces voies ferrées, ainsi que les déviations accessoires construites en dehors du sol des routes et chemins et classées comme annexes, sont soumises aux dispositions suivantes.

Art. 27. — La concession est accordée par l'État lorsque la ligne doit être établie, en tout ou en partie, sur une voie dépendant du domaine public de l'État.

Cette concession peut être faite aux villes ou aux départements intéressés avec faculté de rétrocession.

La concession est accordée par le conseil général, au nom du département, lorsque la voie ferrée, sans emprunter une route nationale, doit être établie, en tout ou en partie, soit sur une route départementale, soit sur un chemin de grande communication ou d'intérêt commun, ou doit s'étendre sur le territoire de plusieurs communes.

Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, il y aura lieu à l'application des articles 89 et 90 de la loi du 10 août 1871.

La concession est accordée par le conseil municipal, lorsque la voie ferrée est établie entièrement sur le territoire de la commune et sur un chemin vicinal ordinaire ou sur un chemin rural.

Art. 28. — Le département peut accorder la concession à l'État ou à une commune avec faculté de rétrocession; une commune peut agir de même à l'égard de l'État ou du département.

Art. 29. — Aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique et dans laquelle les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes,

dont la voie doit traverser le territoire, seront entendus, lorsqu'il ne leur appartiendra pas de statuer sur la concession.

L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par décret délibéré en Conseil d'État, sur le rapport du ministre des travaux publics, après avis du ministre de l'intérieur.

ART. 30. — Toute dérogation ou modification apportée aux clauses du cahier des charges type, approuvé par le Conseil d'État, devra être expressément formulée dans les traités passés au sujet de la convention, lesquels seront soumis au Conseil d'État et annexés au décret.

Art. 31. — Lorsque, pour l'établissement d'un tramway, il y aura lieu à expropriation, soit pour l'élargissement d'un chemin vicinal, soit pour l'une des déviations prévues à l'article 26 de la présente loi, cette expropriation pourra être opérée conformément à l'article 16 de la loi du 21 mai 1836, sur les chemins vicinaux, et à l'article 2 de la loi du 8 juin 1864.

ART. 32. — Les projets d'exécution sont approuvés par le ministre des travaux publics, lorsque la concession est accordée par l'État.

Les dispositions de l'article 3 sont applicables lorsque la concession est accordée par un département ou par une commune.

ART. 33. — Les taxes perçues dans les limites du maximum fixé par l'acte de concession sont homologuées par le ministre des travaux publics, dans le cas où la concession est faite par l'État, et par le préfet dans les autres cas.

ART. 34. — Les concesionnaires de tramways ne sont pas soumis à l'impôt des prestations établi par l'article 3 de la loi du 21 mai 1836, à raison des voitures et des bêtes de trait exclusivement employées à l'exploitation du tramway.

Les départements ou les communes ne peuvent exiger des concessionaires une redevance ou un droit de stationnement qui n'aurait pas été stipulé expressément dans l'acte de concession.

ART. 35. — A l'expiration de la concession, l'administration peut exiger que les voies ferrées qu'elle avait concédées soient supprimées, en tout ou en partie, et que les voies publiques et leurs déviations lui soient remises en bon état de viabilité, aux frais du concessionnaire.

ART. 36. — Lors de l'établissement d'un tramway desservi par des locomotives et destiné au transport des marchandises en même temps qu'au transport des voyageurs, l'État peut s'engager, en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation et cinq pour cent (5 p. °/₀) par an du capital d'établissement tel qu'il a été prévu par l'acte de concession et augmenté, s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction par ledit acte, à subvenir, pour partie, au payement de cette insuffisance, à condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune avec ou sans le concours des intéressés.

La subvention de l'État sera formée : 1° d'une somme fixe de cinq cents francs (500 fr.) par kilomètre exploité; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de six mille francs (6000 fr.) par kilomètre.

En aucun cas, la subvention de l'État ne pourra élever la recette brute au dessus de six mille cinq cents francs (6500 fr.) ni attribuer au capital de premier établissement plus de cinq pour cent (5 p. °/₀) par an.

La participation de l'État sera suspendue de plein droit quand les recettes brutes annuelles atteindront la limite ci-dessus fixée.

Art. 37. — La loi du 15 juillet 1845, sur la police des chemins de fer, est applicable aux tramways, à l'exception des articles 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10.

Art. 38. — Un règlement d'administration publique déterminera les mesures nécessaires à l'exécution des dispositions qui précèdent et notamment :

1° Les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire, tant pour leur construction que pour la circulation des voitures et des trains, les voies ferrées dont l'établissement sur le sol des voies publiques aura été autorisé ;

2° Les rapports entre le service de ces voies ferrées et les autres services intéressés.

Art. 39. — Sont applicables aux tramways les dispositions des articles 4, 6 à 12, 14 à 19, 21 et 24 de la présente loi.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 11 juin 1880.

Jules GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,

H. VARROY

DÉCRET

PORTANT RÈGLEMENT D'ADMINISTRATION PUBLIQUE SUR LA FORME DES ENQUÊTES, EN MATIÈRE DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS

18 mai 1881.

Le président de la République française,
Sur le rapport du ministre des travaux publics;
Vu la loi du 11 juin 1880 et notamment les articles ci-après :

« Article 29, § 1er (chapitre 2. — Tramways). Aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique et dans laquelle les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes, dont la voie doit traverser le territoire, seront entendus, lorsqu'il ne leur appartiendra pas de statuer sur la concession. »

« Article 3, § 5 (chapitre 1er. — Chemins de fer d'intérêt local). Si un chemin de fer d'intérêt local doit emprunter le sol d'une voie publique, les projets d'exécution sont précédés de l'enquête prévue par l'article 29 de la présente loi. »

Vu l'avis du conseil général des Ponts et Chaussées, en date du 21 février 1881,
Le Conseil d'État entendu,

DÉCRÈTE :

ARTICLE 1er. — Les demandes tendant à établir des voies ferrées à traction de chevaux ou de moteurs mécaniques sur les voies dépendant du domaine public seront adressées :

Au ministre des travaux publics, lorsque la concession doit, conformément à l'article 27 de la loi susvisée, être accordée par l'État;

Au préfet, lorsqu'elle doit être accordée par le conseil général;

Au maire, lorsqu'elle peut l'être par le conseil municipal.

ART. 2. — La demande doit être accompagnée d'un avant-projet comprenant :

1° Un extrait de carte à l'échelle de 1/80000e;

2° Un plan général des voies publiques empruntées, ainsi que des déviations proposées à l'échelle de 1/10000e, avec indication des constructions qui bordent ces voies publiques, des chemins publics ou particuliers qui s'en détachent, des plantations et des ouvrages d'art qui en dépendent; on désignera sur ce plan, au

moyen de teintes conventionnelles, les sections du tramway que l'on projette de construire avec simple ou avec double voie, et celles qui seraient établies avec rails encastrés dans la chaussée et plate-forme accessible à la circulation des voitures ordinaires, ou avec rails saillants et plate-forme non praticable pour les voitures ordinaires; on indiquera aussi les emplacements des stations, haltes, garages et, en général, de toutes les dépendances du tramway;

3° Un profil en long à l'échelle de 1/5000e pour les longueurs et 1/1000e pour les hauteurs, indiquant au moyen d'un trait et de cotes noires les déclivités de la voie publique existante et au moyen d'un trait et de cotes rouges celles de la voie ferrée, ainsi que les déviations projetées;

4° Des profils en travers types, à l'échelle de deux centimètres (0m 02) pour mètre, indiquant les dispositions de la plate-forme de la voie ferrée avec le gabarit du matériel roulant, coté de dehors en dehors, de toutes les saillies latérales que ce matériel comporte; ces profils en travers devant s'appliquer, soit au cas où la plate-forme de la voie ferrée resterait accessible et praticable pour les voitures ordinaires, soit au cas où la plate-forme de la voie ferrée ne devrait pas être accessible à la circulation des voitures ordinaires;

5° Un plan à l'échelle de cinq millimètres pour mètre de chacune des traverses suivies par le tramway.

Ce dernier plan sera dressé dans la forme des plans d'alignement des traverses.

Il indiquera les propriétés bâties en bordure avec les noms des propriétaires.

Les caniveaux et les trottoirs y seront tracés exactement.

La zone qui doit être occupée par la circulation du matériel roulant du tramway (toutes saillies latérales comprises) sera limitée au moyen de deux traits bleus et cette zone sera recouverte d'une teinte bleue.

Ces cotes en nombre suffisant serviront à indiquer, notamment dans les parties étroites, la largeur de la zone qui serait affectée à la circulation du matériel du tramway, la largeur de chacune des parties latérales de la chaussée qui resteraient libres entre la zone teintée en bleu comme il est dit ci-dessus et les bordures de trottoirs, ainsi que la largeur de chaque trottoir ou les largeurs qui seraient comprises entre la même zone et les façades des constructions.

Art. 3. — A l'avant-projet sera joint un mémoire descriptif indiquant le but de l'entreprise, les avantages qu'on peut s'en promettre et les dépenses qu'elle entraînera.

On y annexera le tarif des droits dont le produit serait destiné à couvrir les frais des travaux projetés.

Les données suivantes seront relatées dans un chapitre spécial du mémoire descriptif :

1° Le genre de service auquel le tramway serait affecté : voyageurs seulement, voyageurs et messageries, ou voyageurs et marchandises;

2° Le mode d'exploitation projeté avec arrêts seulement à certaines gares et haltes déterminées, ou bien avec arrêts en pleine voie, à l'effet de prendre et de laisser sur tous les points du parcours les voyageurs et les marchandises d'une certaine catégorie (sous réserve de l'observation des règlements de police à intervenir), indépendamment des stationnements aux gares et haltes indiquées;

3° Le minimum du rayon des courbes suivant lesquelles la voie ferrée serait tracée;

4° Le maximum des déclivités des rampes et pentes de la voie ferrée;

5° Le mode de traction qui serait employé;

6° Le maximum de largeur du matériel roulant, toutes saillies latérales comprises;

7° Les dispositions qui seraient proposées à l'effet de maintenir l'accès des chemins publics ou particuliers, ainsi que des maisons riveraines;

8° Le minimum de la distance qui séparera la zone affectée au tramway des façades des propriétés riveraines situées en rase campagne ou de l'arête extérieure de l'accotement des voies publiques;

9° Le maximum de la longueur des trains;

10° Le maximum de la vitesse des trains;

11° Le nombre minimum des trains qui seront mis chaque jour à la disposition du public.

Art. 4. — Après instruction, la demande est soumise à l'autorité qui doit faire la concession, et celle-ci décide s'il y a lieu de procéder à l'enquête.

Quand cette autorité a décidé que l'enquête doit avoir lieu, le préfet prend un arrêté pour fixer le jour et les lieux où l'enquête sera ouverte et pour nommer les membres de la commission, le tout conformément aux règles ci-après.

Cet arrêté est affiché dans toutes les communes de chacun des cantons que la ligne doit traverser.

Art. 5. — La commission d'enquête se compose de sept membres au moins et de neuf au plus, pris parmi les principaux propriétaires de terres, de bois, de mines, les négociants et les chefs d'établissements industriels.

Si la ligne ne doit pas sortir des limites d'une commune, la Commission se réunit à la mairie de cette commune; si elle traverse plusieurs communes d'un même arrondissement, la Commission se réunit à la sous-préfecture de cet arrondissement; si elle traverse plusieurs arrondissements d'un même département, la Commission siège à la préfecture; si elle traverse deux ou plusieurs départements, il est nommé une Commission par département et chacune d'elles siége à la préfecture.

La Commission désigne elle-même son président et son secrétaire.

Art. 6. — Les pièces indiquées aux articles 2 et 3, ainsi que les registres destinés à recevoir les observations auxquelles peut donner lieu l'entreprise projetée, restent déposés pendant un mois à la mairie de chaque chef-lieu de canton que la ligne doit traverser, ou à la mairie de la commune, si la ligne ne sort pas du territoire de la commune.

En outre, le plan de chaque traverse mentionnée au n° 5 de l'article 2 est déposé pendant le même temps, avec un registre spécial, à la mairie de la commune traversée.

Les pièces ci-dessus indiquées sont fournies par le demandeur en concession et à ses frais.

Art. 7. — A l'expiration du délai ci-dessus fixé, la commission d'enquête se réunit sur la convocation du préfet, du sous-préfet ou du maire, suivant le lieu où elle doit siéger; elle examine les déclarations consignées aux registres de l'enquête, entend les ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines employés dans le département, et, après avoir recueilli, auprès de toutes les personnes qu'elle juge utile de consulter, les renseignements dont elle croit avoir besoin, elle donne son avis

motivé, tant sur l'utilité de l'entreprise que sur les diverses questions qui ont été posées par l'administration ou soulevées au cours de l'enquête.

Ces diverses opérations, dont elle dresse procès-verbal, doivent être terminées dans un délai de quinze jours.

Art. 8. — Aussitôt que le procès-verbal de la Commission d'enquête est clos, et au plus tard à l'expiration du délai fixé en vertu de l'article précédent, le président de la commission transmet ledit procès-verbal au préfet avec les registres et les autres pièces.

Art. 9. — Les Chambres de commerce et, à défaut, les Chambres consultatives des arts et manufactures des villes intéressées à l'exécution des travaux, sont appelées par le préfet à délibérer et à exprimer leur opinion sur l'utilité et la convenance de l'entreprise.

Les procès-verbaux de leurs délibérations devront être remis au préfet avant l'expiration du délai fixé dans l'article 7.

Art. 10. — Les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes, dont la voie projetée doit traverser le territoire, convoqués au besoin en session extraordinaire, sont appelés à délibérer et à émettre leur avis sur les mêmes objets, lorsqu'il ne leur appartient pas de statuer sur la concession.

Art. 11. — Lorsque toutes les formalités prescrites par les articles précédents ont été remplies, ainsi que celles qui peuvent être nécessaires aux termes des lois et règlements sur les travaux mixtes, le préfet adresse dans le plus bref délai possible le dossier complet, avec l'avis des ingénieurs et son avis particulier, à l'autorité qui doit donner la concession ; il joint à ce dossier le projet du cahier des charges de la concession.

Art. 12. — Les dispositions qui précèdent sont applicables aux chemins de fer d'intérêt local qui doivent emprunter le sol de voies publiques sur une partie de leur parcours.

Les avant-projets et mémoires descriptifs de ces lignes de chemins de fer sont complétés conformément aux articles 2 et 3 du présent décret et au paragraphe 5 de l'article 3 de la loi sus visée, pour ce qui concerne les sections à poser sur les voies publiques.

L'enquête, faite dans les formes ci-dessus, sert pour faire déclarer l'utilité publique de l'entreprise et pour en faire autoriser l'exécution, tant sur le sol des routes et chemins qu'en dehors des voies publiques.

Art. 13. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 18 mai 1881.

Jules GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,

Sadi CARNOT.

DÉCRET

PORTANT RÈGLEMENT D'ADMINISTRATION PUBLIQUE POUR L'EXÉCUTION DE L'ARTICLE 38 DE LA LOI DU 11 JUIN 1880

(*Établissement et exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques.*)

6 août 1881.

Le Président de la République française,
Sur le rapport du ministre des travaux publics;
Vu la loi du 11 juin 1880 et notamment l'article 38 ainsi conçu :

« Un règlement d'administration publique déterminera les mesures nécessaires « à l'exécution des dispositions qui précèdent, et notamment :
« 1° Les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire, tant pour leur con- « struction que pour la circulation des voitures et des trains, les voies ferrées dont « l'établissement sur le sol des voies publiques aura été autorisé;
« 2° Les rapports entre le service de ces voies ferrées et les autres services « intéressés; »
Vu les avis du conseil général des Ponts et Chaussées, en date des 20 janvier et 7 juillet 1881;
Le Conseil d'État entendu,

DÉCRÈTE :

TITRE PREMIER

CONSTRUCTION

Projet d'exécution.

ARTICLE 1er. — Aucun travail ne peut être entrepris pour l'établissement d'une voie ferrée sur le sol des voies publiques qu'avec l'autorisation de l'administration compétente donnée sur le vu des projets d'exécution.

Chaque projet d'exécution comprend l'extrait de carte, le plan général, le profil en long, les profils en travers et les plans de traverses dont la production est exigée par l'article 2 du règlement d'administration publique du 18 mai 1881, ces documents dressés dans la forme prescrite par l'article précité et dûment complétés

ou rectifiés d'après les résultats de l'instruction à laquelle l'avant-projet a été soumis.

Le projet d'exécution comprend en outre :

1° Des profils en travers à l'échelle de 0m 005 pour mètre, relevés en nombre suffisant, principalement dans les traverses et dans les parties où les voies publiques empruntées n'ont pas la largeur et le profil normal.

2° Un devis descriptif, dans lequel sont reproduites, sous forme de tableau, les indications relatives aux déclivités et aux courbes déjà données sur le profil en long;

3° Un mémoire dans lequel toutes les dispositions essentielles du projet sont justifiées.

Le projet d'exécution est remis au préfet en deux expéditions dont l'une, revêtue de l'approbation que le préfet aura donnée en se conformant à la décision de l'autorité compétente pour les projets d'ensemble, est rendue au concessionnaire, tandis que l'autre demeure entre les mains du préfet.

Les projets comprenant des déviations en dehors du sol des routes et chemins sont soumis à l'approbation du ministre des travaux publics, pour ce qui concerne la grande voirie et les cours d'eau, et ne peuvent être adoptés par l'autorité qui a donné la concession que sous la réserve des décisions prises ou à prendre par le ministre des travaux publics sur les objets qui précèdent.

Avant comme pendant l'exécution, le concessionnaire aura la faculté de proposer aux projets approuvés les modifications qu'il jugerait utiles; mais ces modifications ne pourront être exécutées qu'avec l'approbation de l'autorité qui a revêtu de sa sanction les dispositions à modifier.

De son côté, l'administration pourra ordonner d'office les modifications dont l'expérience ou les changements à opérer sur la voie publique feraient reconnaître la nécessité.

En aucun cas, ces modifications ne pourront donner lieu à indemnité.

Bureaux d'attente et de contrôle, égouts, etc.

Art. 2. — La position des bureaux d'attente et de contrôle, qui peuvent être autorisés sur la voie publique, celle des égouts, de leurs bouches et regards et des conduites d'eau et de gaz, doivent être indiquées sur les plans présentés par le concessionnaire, ainsi que tout ce qui serait de nature à influer sur la position de la voie ferrée et sur le bon fonctionnement des divers services qui peuvent en être affectés.

Voies doubles et gares d'évitement.

Art. 3. — Le projet d'exécution indique le nombre de voies à établir sur les différentes sections de lignes concédées ainsi que le nombre des gares d'évitement.

Largeur de la voie. — Gabarit du matériel. — Entre-voie.

Art. 4. — La largeur de la voie est fixée, pour chaque concession, par le cahier des charges.

La largeur des locomomotives et des caisses des véhicules, ainsi que de leur chargement, ne peut excéder ni deux fois et demie la largeur de la voie, ni la cote maximum de deux mètres quatre-vingts centimètres (2m 80), et la largeur extrême occupée par le matériel roulant, y compris toutes saillies, notamment celles des lanternes et des marchepieds latéraux, ne peut dépasser la largeur des caisses augmentée de trente centimètres (0m 30).

La hauteur du matériel roulant et de son chargement ne peut excéder quatre mètres vingt centimètres (4m 20) pour la voie de 1m 44; elle est réglée d'une manière définitive et invariable par le cahier des charges, pour les voies de largeur moindre, de manière à ne pas compromettre la sécurité.

Dans les parties à plusieurs voies, la largeur de chaque entre-voie est telle qu'il reste un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres (0m 50) entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent.

Établissement de la voie ferrée. — Largeur réservée à la circulation publique.

ART. 5. — L'autorité qui a fait la concession détermine les sections de la ligne où la voie sera établie au niveau de la chaussée, avec rails noyés, en restant accessible et praticable pour les voitures ordinaires, et celle où elle sera placée sur un accotement praticable pour les piétons, mais interdit aux voitures ordinaires.

Le cahier des charges de chaque concession détermine les largeurs qui doivent être réservées pour la libre circulation sur la voie publique, de telle façon que le croisement de deux voitures soit toujours assuré, l'une de ces deux voitures pouvant être le véhicule du tramway dans le premier des deux cas considérés ci-dessus.

Les dispositions prescrites doivent d'ailleurs assurer dans tous les cas la sécurité du piéton qui circule sur la voie publique et celle du riverain dont les bâtiments sont en façade sur cette voie.

Si l'emplacement occupé par la voie ferrée reste accessible et praticable pour les voitures ordinaires, les rails sont à gorge ou accompagnés de contre-rails; la largeur des vides ou ornières ne peut excéder vingt-neuf millimètres (0m 029) dans les parties droites, et trente-cinq millimètres (0m 035) dans les parties courbes. Les voies ferrées sont posées au niveau de la chaussée, sans saillie ni dépression sur le profil normal de celle-ci.

Parties de routes à modifier. — Traversées à niveau.
Accès des propriétés riveraines.

ART. 6. — Le concessionnaire fournit, sur les points qui lui sont indiqués, des emplacements pour le dépôt des matériaux d'entretien qui trouvaient place auparavant sur l'accotement occupé par la voie ferrée.

Lorsque, pour maintenir la voie de fer dans les limites de courbure et de déclivité fixées par le cahier des charges, ou pour maintenir le fonctionnement des services intéressés (article 2), on doit faire subir quelques modifications à la voie publique, le concessionnaire exécute tous les travaux, soit à ses frais, soit avec le concours des services intéressés, s'il y a lieu, conformément aux projets approuvés par l'administration.

Il opère pareillement les élargissements qui sont indispensables afin de restituer à la voie publique la largeur exigée en vertu de l'article précédent.

Il doit maintenir l'accès à la voie publique des voitures ordinaires, au droit des chemins publics et particuliers ainsi que des entrées charretières qui seraient interceptées par la voie ferrée. La traversée des routes et des chemins publics ou particuliers est opérée à niveau, sans que le rail forme saillie ou dépression sur la surface de ces chemins.

Le concessionnaire doit d'ailleurs prendre les dispositions nécessaires pour faciliter l'exécution des travaux qui sont prescrits ou autorisés par l'administration afin de créer de nouveaux accès soit aux chemins publics et particuliers, soit aux propriétés riveraines.

Déviations à construire en dehors du sol des routes et chemins.

Art. 7. — Les déviations à construire en dehors du sol des routes et chemins et à classer comme annexes sont établies conformément aux dispositions arrêtées par l'autorité compétente.

Écoulement des eaux. — Rétablissement des communications.

Art. 8. — Le concessionnaire est tenu de rétablir et d'assurer à ses frais, pendant la durée de la concession, les écoulements d'eau qui seraient arrêtés, suspendus ou modifiés par ses travaux.

Il rétablit de même les communications publiques ou particulières que l'exécution de ses travaux l'oblige à modifier momentanément.

Exécution des travaux.

Art. 9. — La démolition des chaussées et l'ouverture des tranchées pour la pose et l'entretien de la voie ferrée sont effectuées avec célérité et avec toutes les précautions convenables.

Les chaussées doivent être remises dans le meilleur état.

Les travaux sont conduits de manière à ne pas compromettre la liberté et la sûreté de la circulation. Toute fouille restant ouverte sur le sol des voies publiques, ainsi que tout dépôt de matériaux, est éclairée et gardée au besoin pendant la nuit, jusqu'à ce que la voie publique soit débarrassée et rendue conforme au profil normal du projet.

Gares et stations.

Art. 10. — Le cahier des charges indiquera si le tramway devra s'arrêter en pleine voie, pour prendre ou laisser des voyageurs ou des marchandises sur tous les points du parcours, ou si, au contraire, il ne s'arrêtera qu'à des gares, stations ou haltes désignées, ou si enfin les deux modes d'exploitation seront combinés.

Dans ces deux derniers cas, si les gares, stations et haltes n'ont pas été déterminées par le cahier des charges, elles le seront lors de l'approbation des projets définitifs par l'autorité concédante, sur la proposition du concessionnaire et après enquête.

Si, pendant l'exploitation, de nouvelles stations, gares ou haltes sont reconnues nécessaires, d'accord entre l'autorité concédante et le concessionnaire, il sera procédé à une enquête spéciale dans les formes prescrites par le règlement d'administration publique du 18 mai 1881, et l'emplacement en sera définitivement arrêté par le préfet, le concessionnaire entendu.

Le nombre, l'étendue et l'emplacement des gares d'évitement seront déterminés par le préfet, le concessionnaire entendu; si la sécurité l'exige, le préfet pourra, pendant le cours de l'exploitation, prescrire l'établissement de nouvelles gares d'évitement ainsi que l'augmentation des voies dans les stations et aux abords des stations.

Le concessionnaire est tenu, préalablement à tout commencement d'exécution, de soumettre au préfet le projet des gares, stations ou haltes, lequel se compose :

1° D'un plan à l'échelle de 1/500, indiquant les voies, les quais, les bâtiments et leur distribution intérieure, ainsi que la disposition de leurs abords;

2° D'une élévation des bâtiments à l'échelle d'un centimètre par mètre;

3° D'un mémoire descriptif dans lequel les dispositions essentielles du projet sont justifiées.

Indemnités de terrains et de dommages.

ART. 11. — Tous les terrains nécessaires pour l'établissement de la voie ferrée et de ses dépendances en dehors du sol des routes et chemins, pour la déviation des voies de communication et des cours d'eau déplacés, et, en général, pour l'exécution des travaux, quels qu'ils soient, auxquels cet établissement peut donner lieu, sont achetés et payés par le concessionnaire, à moins que l'autorité qui fait la concession n'ait pris l'engagement de fournir elle-même les terrains.

Les indemnités pour occupation temporaire ou pour détérioration de terrains, pour chômage, modification ou destruction d'usines, et pour tous dommages quelconques résultant des travaux, sont supportées et payées par le concessionnaire.

Droits conférés au concessionnaire.

ART. 12. — L'entreprise étant d'utilité publique, le concessionnaire est investi, pour l'exécution des travaux dépendant de sa concession, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'administration en matière de travaux publics, soit pour l'acquisition des terrains par voie d'expropriation, soit pour l'extraction, le transport ou le dépôt des terres, matériaux, etc., et il demeure en même temps soumis à toutes les obligations qui dérivent, pour l'administration, de ces lois et règlements.

Servitudes militaires.

ART. 13. — Dans les limites de la zone frontière et dans le rayon des servitudes des enceintes fortifiées, le concessionnaire est tenu, pour l'étude et l'exécution de ses projets, de se soumettre à l'accomplissement de toutes les formalités et de toutes les conditions exigées par les lois, décrets et règlements concernant les travaux mixtes.

Mines.

ART. 14. — Si la voie ferrée traverse un sol déjà concédé pour l'exploitation d'une mine, le ministre des travaux publics détermine les mesures à prendre pour

que l'établissement de cette voie ne nuise pas à l'exploitation de la mine, et, réciproquement, pour que, le cas échéant, l'exploitation de la mine ne compromette pas l'existence de la voie ferrée.

Les travaux de consolidation à faire dans l'intérieur de la mine en raison de la traversée de la voie ferrée, et tous les dommages résultant de cette traversée pour les concessionnaires de la mine, sont à la charge du concessionnaire de la voie ferrée.

Carrières.

Art. 15. — Si la voie ferrée s'étend sur des terrains renfermant des carrières ou les traverse souterrainement, elle ne peut être livrée à la circulation avant que les excavations qui pourraient en compromettre la solidité aient été remblayées ou consolidées.

Le ministre des travaux publics détermine la nature et l'étendue des travaux qu'il convient d'entreprendre à cet effet, et qui sont d'ailleurs exécutés par les soins et aux frais du concessionnaire.

Contrôle et surveillance des travaux.

Art. 16. — Les travaux sont soumis au contrôle et à la surveillance du préfet, sous l'autorité du ministre des travaux publics.

Ce contrôle et cette surveillance ont pour objet d'empêcher le concessionnaire de s'écarter des dispositions prescrites par le présent règlement et de celles qui résultent soit des cahiers des charges, soit des projets approuvés.

Réception des travaux.

Art. 17. — A mesure que les travaux sont terminés sur des parties de voie ferrée susceptibles d'être livrées utilement à la circulation, il est procédé à la reconnaissance et, s'il y a lieu, à la réception provisoire de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que le préfet désigne.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, le préfet autorise, s'il y a lieu, la mise en exploitation des parties dont il s'agit; après cette autorisation, le concessionnaire peut mettre les dites parties en service et y percevoir les taxes déterminées par le cahier des charges. Toutefois, ces réceptions partielles ne deviennent définitives que par la réception générale de la voie ferrée, laquelle est faite dans la même forme que les réceptions partielles.

Bornage et plan cadastral des parties en déviation.

Art. 18. — Immédiatement après l'achèvement des travaux et au plus tard six mois après la mise en exploitation de la ligne ou de chaque section, le concessionnaire doit faire faire à ses frais un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain, en présence du préfet ou de son représentant, ainsi qu'un plan cadastral des parties de la voie ferrée et de ses dépendances qui sont situées en dehors du sol des routes et chemins. Il fait dresser également à ses frais, et contradictoirement avec les agents désignés par le préfet, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui ont été exécutés, le dit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous les ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas est dressée aux frais du concessionnaire et déposée dans les archives de la préfecture.

Les terrains acquis par le concessionnaire postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation et qui, par cela même, deviennent partie intégrante de la voie ferrée, donnent lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires, et sont ajoutés sur le plan cadastral; addition est également faite sur l'atlas de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Entretien.

ART. 19. — La voie ferrée et tout le matériel qui en dépend doivent être constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Les frais d'entretien et ceux auxquels donnent lieu les réparations ordinaires et extraordinaires de la voie ferrée sont à la charge du concessionnaire.

Sur les sections à rails noyés où la voie ferrée est accessible aux voitures ordinaires, l'entretien du pavage ou de l'empierrement de la surface affectée à la circulation du tramway est réglé, pour chaque concession, par le cahier des charges, qui indique le service chargé d'exécuter cet entretien, ainsi que la répartition des dépenses.

Sur les sections où la voie ferrée n'est pas accessible aux voitures ordinaires, l'entretien, qui est à la charge du concessionnaire, comprend la surface entière des voies, augmentée d'une zone d'un mètre (1^{m}00), qui sera mesurée à partir de chaque rail extérieur.

Si la voie ferrée et les parties de la voie publique dont l'entretien est confié au concessionnaire ne sont pas constamment entretenues en bon état, il y est pourvu d'office à la diligence du préfet et aux frais du concessionnaire, sans préjudice, s'il y a lieu, de l'application des dispositions indiquées ci-après dans l'article 41.

Le montant des avances faites est recouvré au moyen de rôles que le préfet rend exécutoires.

Du matériel employé à l'exploitation.

ART. 20. — Le matériel roulant qui est mis en circulation sur la voie ferrée doit passer librement dans le gabarit, dont les dimensions sont fixées conformément aux dispositions de l'article 4 du présent règlement.

La traction est opérée conformément aux clauses de la concession.

Machines locomotives à vapeur.

ART. 21. — Les machines locomotives à vapeur sont construites sur les meilleurs modèles; elles doivent satisfaire aux prescriptions des articles 7, 8, 9, 11 et 15 de

l'ordonnance du 15 novembre 1846, et pour ce qui concerne spécialement leur générateur, aux dispositions du décret du 30 avril 1880.

Les types des machines employées, leur poids et leur maximum de charge par essieu doivent être approuvés par le préfet, sur l'avis du service du contrôle, eu égard aux besoins de l'exploitation et à la composition ainsi qu'à l'état de la voie.

Les machines sont pourvues de freins assez puissants pour que, lancées sur une pente de deux centimètres par mètre ($0^m 02$) avec une vitesse de 20 kilomètres (20^k) à l'heure, elles puissent être arrêtées, sans le secours des freins des machines remorquées, sur un espace de vingt mètres (20^m) au plus.

Les locomotives à feu ne doivent donner aucune odeur et ne doivent répandre sur la voie publique ni flammèches, ni escarbilles, ni cendres, ni fumée, ni eau excédente, le concessionnaire étant expressément responsable de tout incendie causé par l'emploi des machines à feu, soit sur la voie publique, soit dans les propriétés riveraines.

Aucune locomotive ne peut être mise en service qu'en vertu d'un permis spécial de circulation délivré par le préfet sur la proposition des fonctionnaires chargés du contrôle, après accomplissement des formalités prescrites pour les locomotives de chemins de fer et après vérification de l'efficacité des freins, eu égard à la vitesse de la machine et à l'inclinaison de la voie.

Autres moteurs mécaniques.

Art. 22. — Les machines fixes et les machines locomotives de tout autre système que la machine locomotive à vapeur munie d'un foyer doivent satisfaire aux prescriptions spéciales arrêtées par le ministre des travaux publics.

Voitures et wagons.

Art. 23. — Les voitures de voyageurs doivent satisfaire aux prescriptions des articles 8, 9, 12, 13, 14 et 15 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846. Elles sont suspendues sur ressort et peuvent être à deux étages.

L'étage inférieur est complètement couvert, garni de banquettes avec dossiers, fermé à glaces, au moins pendant l'hiver, muni de rideaux et éclairé pendant la nuit; l'étage supérieur est garni de banquettes avec dossiers; on y accède au moyen d'escaliers qui sont accompagnés, ainsi que les couloirs latéraux donnant accès aux places, de garde-corps solides d'au moins un mètre dix centimètres ($1^m 10$) de hauteur effective.

Sur les voies ferrées où la traction est opérée au moyen de locomotives, l'étage supérieur est couvert et protégé à l'avant et à l'arrière par des cloisons.

Les dossiers et les banquettes doivent être inclinés et les dossiers sont élevés à la hauteur des épaules des voyageurs.

Il peut y avoir des places de plusieurs classes; la disposition particulière des places de chaque classe est conforme aux prescriptions arrêtées par le préfet.

Les wagons destinés au transport des marchandises, des chevaux ou des bestiaux, les plates-formes, et en général toutes les parties du matériel roulant, sont de bonne et solide construction, et satisfont aux prescriptions des articles 8, 9 et 15 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846.

Chaque voiture sans exception est munie d'un frein puissant.

Entretien du matériel roulant.

ART. 24. — Le matériel roulant et tout le matériel servant à l'exploitation sont constamment maintenus dans un bon état d'entretien et de propreté.

Si le matériel dont il s'agit n'est pas entretenu en bon état, il y est pourvu d'office, à la diligence du préfet et aux frais du concessionnaire, sans préjudice, s'il y a lieu, des dispositions indiquées ci-après dans l'article 41.

Règles d'exploitation applicables à tous les services de tramways.

Gardiennage et signaux.

ART. 25. — Le concessionnaire est tenu de prendre à ses frais, partout où la nécessité en aura été reconnue par le préfet, sur l'avis du service du contrôle, et eu égard au mode d'exploitation employé, les mesures nécessaires pour assurer la liberté et la sécurité du passage des voitures et des trains sur la voie ferrée, et celle de la circulation ordinaire sur les routes et chemins que suit ou traverse la voie ferrée.

Règles d'exploitation applicables à tous les services de tramways.

Ateliers de réparation de la voie.

ART. 26. — Lorsqu'un atelier de réparation est établi sur une voie, des signaux doivent indiquer si l'état de la voie ne permet pas le passage des voitures ou des trains ou s'il suffit d'en ralentir la marche.

Règles d'exploitation applicables à tous les services de tramways.

Éclairage des voitures ou des trains.

ART. 27. — Toute voiture isolée ou tout train porte extérieurement un feu rouge à l'avant et un feu vert à l'arrière. Les fanaux sont à réflecteurs; ils sont allumés au coucher du soleil et ne peuvent être éteints avant son lever.

Règles d'exploitation applicables à tous les services de tramways.

Transport de matières dangereuses.

ART. 28. — Il est interdit d'admettre dans les convois qui portent des voyageurs aucune matière pouvant donner lieu soit à des explosions, soit à des incendies.

Service des tramways, à traction de chevaux.

ART. 29. — Le cocher doit avoir l'appareil de manœuvre du frein sous la main; il doit porter son attention sur l'état de la voie, sur l'approche des voitures ordinaires ou des troupeaux, et ralentir ou même arrêter la marche, suivant les circonstances; il doit se conformer aux signaux de ralentissement ou d'arrêt qui lui sont faits par les gardiens et ouvriers de la voie.

Le cocher est muni d'une trompe ou d'un cornet, ou de tout autre instrument du même genre, afin de signaler son approche.

Dans les tramways à service de voyageurs, le cocher doit se trouver en communication au moyen d'un signal d'arrêt, soit avec le receveur, soit avec les voyageurs dans les voitures où il n'y a pas de receveur.

Service des tramways à traction mécanique. — Composition des trains.

Art. 30. — Sur les lignes de tramways à traction mécanique, la longueur des trains ne peut dépasser soixante mètres (60^{m}). Sous la réserve de cette condition, qui est de rigueur, tout convoi ordinaire de voyageurs doit contenir des voitures ou des compartiments de toutes classes en nombre suffisant pour le service du public.

Les machines et voitures entrant dans la composition de tous les trains sont liées entre elles par des attaches rigides, avec ressorts.

Service des tramways à traction mécanique. — Composition des trains.

Machines.

Art. 31. — Les machines sont placées en tête des trains. Il ne peut être dérogé à cette disposition que pour les manœuvres à exécuter dans les stations ou pour le cas de secours; dans ces cas spéciaux, la vitesse ne doit pas dépasser cinq kilomètres à l'heure (5 k.).

Les trains sont remorqués par une seule machine, sauf à la montée des rampes de forte inclinaison ou en cas d'accident.

Il est, dans tous les cas, interdit d'atteler simultanément plus de deux machines à un train; la machine placée en tête règle la marche du train, dont la vitesse ne doit jamais dépasser dix kilomètres à l'heure (10 k.) dans le cas d'un double attelage.

Service des tramways à traction mécanique. — Composition des trains.

Personnel des trains.

Art. 32. — Chaque machine à feu est conduite par un mécanicien et un chauffeur.

Il ne peut être employé que des mécaniciens agréés par le préfet sur le rapport du service du contrôle.

Le chauffeur doit être capable d'arrêter la machine en cas de besoin.

Chaque train est accompagné, en outre, du nombre de conducteurs garde-freins qui sera jugé nécessaire; il y a, d'ailleurs, en tout cas, sur la dernière voiture, un conducteur qui est mis en commuuication avec le mécanicien.

Lorsqu'il y a plusieurs conducteurs dans un train, l'un d'eux doit avoir autorité sur les autres.

Avant le départ du train, le mécanicien s'assure si toutes les parties de la locomotive sont en bon état et, particulièrement, si le frein fonctionne convenablement. Il ne doit mettre le train en marche que lorsque le conducteur chef du train a donné le signal du départ.

En marche, le mécanicien doit porter son attention sur l'état de la voie, sur l'approche des voitures ordinaires ou des troupeaux, et ralentir ou même arrêter, en cas d'obstacles, suivant les circonstances; il doit se conformer aux signaux qui lui sont faits par les gardiens et ouvriers de la voie.

Cet agent signale l'approche du train au moyen d'une trompe, d'une cloche, ou de tout autre instrument du même genre, à l'exclusion du sifflet à vapeur.

Dans les tramways à service de voyageurs, le mécanicien doit se trouver en communication au moyen d'un signal d'arrêt, soit avec le receveur ou employé, soit avec les voyageurs.

Aucune personne autre que le mécanicien et le chauffeur ne peut monter sur la locomotive, à moins d'une permission spéciale et écrite du directeur de l'exploitation de la voie ferrée. Sont exceptés de cette interdiction les fonctionnaires chargés de la surveillance.

Service des tramways à traction mécanique. — Composition des trains. Marche des trains.

ART. 33. — Le préfet détermine, sur la proposition du concessionnaire, le minimum et le maximum de la vitesse des convois de voyageurs et de marchandises sur les différentes sections de la ligne, ainsi que le tableau du service des trains.

La vitesse des trains, en marche, ne peut dépasser vingt kilomètres à l'heure (20 k.). Cette vitesse doit, d'ailleurs, être diminuée dans la traversée des lieux habités, ou en cas d'encombrement de la route.

Le mouvement doit également être ralenti ou même arrêté toutes les fois que l'arrivée d'un train, effrayant les chevaux ou autres animaux, pourrait être la cause de désordres et occasionner des accidents.

Les trains ne peuvent stationner en dehors des gares que durant le temps strictement nécessaire pour les besoins du service.

Les locomotives ou les voitures isolées ne peuvent stationner sur les voies affectées à la circulation.

Il est expressément interdit d'effectuer le nettoyage des grilles sur la voie publique.

Service des tramways à traction mécanique. — Composition des trains. Accidents.

ART. 34. — Des machines dites de secours ou de réserve doivent être entretenues constamment en feu et prêtes à partir, sur les lignes et aux points qui sont désignés par le préfet.

Il y a constamment au lieu de dépôt des machines une voiture chargée de tous les agrès et outils nécessaires en cas d'accident.

Chaque train doit d'ailleurs être muni des outils les plus indispensables.

Aux stations ou bureaux de contrôle et d'attente, désignés par le préfet, le concessionnaire entretiendra les médicaments et moyens de secours nécessaires en cas d'accident.

TITRE III

POLICE ET SURVEILLANCE

Des mesures concernant les personnes étrangères au service des voies ferrées.

ART. 35. — Il est défendu à toute personne étrangère au service de la voie ferrée :

1° De franchir, utiliser ou modifier, sous quelque prétexte que ce soit, la voie ferrée et les ouvrages qui en dépendent.

2° De stationner sur la voie ferrée ou d'y faire stationner des voitures ;

3° D'y laisser séjourner les chevaux, bestiaux ou animaux d'aucune sorte ;

4° D'y jeter ou déposer aucuns matériaux ou objets quelconques.

5° D'emprunter les rails de la voie ferrée pour la circulation de voitures étrangères au service.

Tout conducteur de voiture doit, à l'approche d'un train ou d'une voiture appartenant au service de la voie ferrée, prendre en main les guides ou le cordeau de son équipage, de façon à se rendre maître de ses chevaux, diriger immédiatement la voie et s'en écarter de manière à laisser toute la largeur nécessaire au passage du matériel de la voie ferrée.

Tout conducteur de troupeau doit écarter les bestiaux de la voie ferrée à l'approche d'un train ou d'une voiture appartenant au service de la voie.

Des mesures concernant les voyageurs.

ART. 36. — Il est défendu aux voyageurs :

1° D'entrer dans les voitures ou d'en sortir pendant la marche et autrement que par la portière réservée à cet effet.

2° De passer d'une voiture dans une autre, de se pendre en dehors, de stationner debout sur les impériales pendant la marche.

Il est interdit d'admettre dans les voitures plus de voyageurs que ne le comporte le nombre de places indiqué dans chaque compartiment.

L'entrée des voitures est interdite :

1° A toute personne en état d'ivresse.

2° A tous individus porteurs d'armes à feu chargées ou de paquets qui, par leur nature, leur volume ou leur odeur, seraient gênants ou incommodes pour les voyageurs. Tout individu porteur d'une arme à feu doit, avant son admission dans les voitures, faire constater que son arme n'est pas chargée.

Aucun chien n'est admis dans les voitures servant au transport des voyageurs, toutefois la Compagnie peut placer dans des compartiments spéciaux les voyageurs qui ne voudraient pas se séparer de leurs chiens, pourvu que ces animaux soient muselés, en laisse ou dans un panier.

Expédition de matières dangereuses.

ART. 37. — Les gares ne peuvent expédier des marchandises considérées comme pouvant être une cause d'incendie ou d'explosion, d'après la classification

du décret du 12 août 1874, doivent en faire la déclaration formelle au moment où elles les livrent au service de la voie ferrée.

Les expéditeurs doivent se conformer, en ce qui concerne l'emballage et les marques des colis dangereux, aux prescriptions du décret précité.

Affichage du service des voies ferrées.

ART. 38. — Des affiches placées dans les stations et dans les bureaux d'attente et de contrôle font connaître au public les heures du départ des convois ordinaires, les stations qu'ils doivent desservir, les heures auxquelles ils doivent arriver à ces stations et en partir.

Si l'exploitation de la ligne comporte des arrêts en pleine voie, afin de prendre ou de laisser soit des voyageurs, soit des marchandises, ces affiches font connaître cette circonstance en n'annonçant, dans ce cas, que les heures de départ des gares extrêmes.

Contrôle et surveillance de l'exploitation.

ART. 39. — Le préfet nomme les agents chargés du contrôle et de la surveillance prévus par l'article 21 de la loi du 11 juin 1880.

Ces agents ont notamment pour mission :

1° En ce qui concerne l'exploitation commerciale;

De surveiller le mode d'application des tarifs approuvés et l'exécution des mesures prescrites pour la réception et l'enregistrement des colis, leur transport et leur remise aux destinataires;

De veiller à l'exécution des mesures prescrites pour que le service des transports ne soit pas interrompu aux points extrêmes de lignes en communication l'une avec l'autre;

De vérifier les conditions des traités qui seraient passés par les Compagnies avec les entreprises de transport par terre ou par eau en correspondance avec la voie ferrée, et de signaler toutes les infractions au principe de l'égalité des taxes;

De constater le mouvement de la circulation des voyageurs et des marchandises, les dépenses d'entretien et d'exploitation, et les recettes;

2° En ce qui concerne l'exploitation technique;

De vérifier l'état de la voie de fer, des terrassements, des ouvrages d'art et du matériel roulant, et de veiller à l'exécution des règlements relatifs à la police et à la sûreté de la circulation;

3° En ce qui concerne la police;

De surveiller la composition, le départ, l'arrivée, la marche et le stationnement des trains, l'observation des règlements de police, tant par le public que par le concessionnaire, sur les voies publiques empruntées par la voie ferrée, l'entrée, le stationnement et la circulation des voitures dans les cours et stations, l'admission du public dans les gares et sur les quais de la voie ferrée.

Les concessionnaires sont tenus de fournir les locaux convenables aux agents du contrôle spécialement désignés par le préfet. Ils sont aussi tenus de présenter aux agents du contrôle, à toute réquisition, les registres de dépenses et de recettes relatifs à l'exploitation commerciale, ainsi que les registres de réception et d'expédition des colis.

Toutes les fois qu'il arrive un accident sur la voie ferrée, il en est fait immédiatement déclaration par le chef de train à l'agent du contrôle dont le poste est le plus voisin. Le préfet et le chef du contrôle en sont immédiatement informés par les soins du concessionnaire.

Outre la surveillance ordinaire, le préfet délègue, aussi souvent qu'il le juge utile, un ou plusieurs commissaires à l'effet de reconnaître et de constater l'état de la voie ferrée, de ses dépendances et de son matériel, et à l'effet d'exercer une surveillance spéciale sur tout ce qui ne rentre pas dans les attributions des agents du contrôle.

Règlements de police et d'exploitation.

Art. 40. — Le concessionnaire est tenu, ainsi que le public, de se conformer aux prescriptions des arrêtés qui sont pris par les préfets pour l'exécution des dispositions qui précèdent.

Toutes les dépenses qu'entraîne l'exécution de ces prescriptions sont à la charge du concessionnaire.

Le concessionnaire est tenu de soumettre à l'approbation du préfet les règlements de service intérieur relatifs à l'exploitation de la voie ferrée.

Les règlements dont il s'agit sont obligatoires non seulement pour le concessionnaire, mais encore pour tous ceux qui obtiendront ultérieurement l'autorisation d'établir des lignes ferrées d'embranchement ou de prolongement, et en général pour toutes les personnes qui emprunteront l'usage du chemin de fer.

Interruption de l'exploitation.

Art. 41. — Si l'exploitation de la voie ferrée vient à être interrompue en totalité ou en partie, si le mauvais état de la voie ou du matériel roulant compromet la sécurité du public, si le mauvais entretien de la partie de la route dont le concessionnaire doit prendre soin compromet la sécurité publique, le préfet prend immédiatement, aux frais et risques du concessionnaire, les mesures nécessaires afin d'assurer provisoirement le service.

Si, dans les trois mois de l'organisation du service provisoire, le concessionnaire n'a pas valablement justifié qu'il est en état de reprendre et de continuer l'exploitation, et s'il ne l'a pas effectivement reprise, la déchéance peut être prononcée par le ministre des travaux publics, sauf recours au Conseil d'État par la voie contentieuse.

Il est pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements contractés par le concessionnaire au moyen d'une adjudication qui sera ouverte sur une mise à prix des ouvrages exécutés, des matériaux approvisionnés et des parties de la voie ferrée déjà livrées à l'exploitation.

Nul ne sera admis à concourir à cette adjudication s'il n'a été préalablement agréé par le préfet.

A cet effet, les personnes qui voudraient concourir seront tenues de déclarer, dans le délai qui sera fixé, leur intention par un écrit deposé à la préfecture et accompagné des pièces propres à justifier des ressources nécessaires pour remplir les engagements à contracter.

Ces pièces seront examinées par le préfet en Conseil de préfecture. Chaque soumissionnaire sera informé de la décision prise en ce qui le concerne, et, s'il y a lieu, du jour de l'adjudication.

Les personnes qui auront été admises à concourir devront faire, soit à la caisse des dépôts et consignations, soit à la caisse du trésorier-payeur général du département, le dépôt de garantie qui devra être égal au moins au trentième de la dépense à faire par le concessionnaire.

L'adjudication aura lieu suivant les formes indiquées aux articles 11, 12, 13, 15 et 16 de l'ordonnance royale du 10 mai 1829.

Les soumissions ne pourront pas être inférieures à la mise à prix.

L'adjudicataire sera substitué aux charges et aux droits du concessionnaire évincé; il recevra notamment les subventions de toute nature à échoir aux termes de l'acte de concession; le concessionnaire évincé recevra de lui le prix que la nouvelle adjudication aura fixé.

La partie du cautionnement qui n'aura pas encore été restituée deviendra la propriété de l'autorité qui a fait la concession.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée sur les mêmes bases, après un délai de trois mois; si cette seconde tentative reste également sans résultat, le concessionnaire sera définitivement déchu de tous droits, et alors les ouvrages exécutés, les matériaux approvisionnés et les parties de voie ferrée déjà livrées à l'exploitation appartiendront à l'autorité qui a fait la concession.

TITRE IV

DISPOSITIONS DIVERSES

Construction de nouvelles voies de communication.

ART. 42. — Dans le cas où le Gouvernement ordonne ou autorise la construction de routes nationales, départementales ou vicinales, de chemins de fer ou de canaux qui traversent une ligne concédée, le concessionnaire ne peut s'opposer à ces travaux; mais toutes les dispositions nécessaires sont prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service de la voie ferrée, ni aucuns frais pour le concessionnaire.

Concessions ultérieures de nouvelles lignes.

ART. 43. — Toute exécution ou autorisation ultérieure de route, de canal, de chemins de fer, de travaux de navigation dans la contrée où est située une voie ferrée qui a fait l'objet d'une concession, ou dans toute autre contrée voisine ou éloignée, ne peut donner ouverture à aucune demande d'indemnité de la part du concessionnaire.

Retrait d'autorisation.

ART. 44. — L'autorisation d'établir ou de maintenir une voie ferrée sur le sol des voies publiques peut être retirée à toute époque, en totalité ou en partie, dans

les formes suivies pour la concession, lorsque la nécessité en a été reconnue dans l'intérêt public par le Gouvernement, après une enquête; le tout sous réserve de l'application des articles 6 et 14 de la loi du 11 juin 1880.

Réserves sous lesquelles le concessionnaire est admis à emprunter le sol des voies publiques.

Art. 45. — Le concessionnaire n'est admis à réclamer aucune indemnité :

Ni à raison des dommages que le roulage ordinaire pourrait occasionner aux ouvrages de la voie ferrée;

Ni à raison de l'état de la chaussée et des conséquences qui pourraient en résulter pour l'état et l'entretien de la voie ;

Ni enfin pour une cause quelconque résultant de l'usage de la voie publique.

Les indemnités dues à des tiers pour des dommages pouvant résulter de la construction ou de l'exploitation de la voie ferrée sont entièrement à la charge du concessionnaire.

Art. 46. — En cas d'interruption de la voie ferrée par suite de travaux exécutés sur la voie publique, le concessionnaire peut être tenu de rétablir provisoirement les communications, soit en déplaçant momentanément ses voies, soit en employant pour la traversée de l'obstacle des voitures ordinaires qui puissent le tourner en suivant d'autres lignes.

Concessions de voies de fer d'embranchement et de prolongement.

Art. 47. — Le Gouvernement, le département et les communes ont le droit de concéder de nouvelles voies de fer s'embranchant sur une voie ferrée déjà concédée, ou à établir en prolongement de la même voie.

Le concessionnaire de la ligne principale ne peut s'opposer à l'exécution de ces embranchements, ni réclamer, à l'occasion de leur établissement, une indemnité quelconque, pourvu qu'il n'en résulte aucun obstacle à la circulation ni aucuns frais particuliers pour son entreprise.

Les concessionnaires des voies de fer d'embranchement ou de prolongement ont la faculté, moyennant l'observation du paragraphe 1er de l'article 20 du présent règlement, et des règlements de police et de service qui régissent la ligne principale, et moyennant les tarifs du cahier des charges de cette dernière ligne, de faire circuler leurs voitures, wagons et machines sur la ligne principale. Cette faculté est réciproque à l'égard desdits embranchements et prolongements.

Dans le cas où les divers concessionnaires ne peuvent s'entendre sur l'exercice de cette faculté, le ministre des travaux publics statue sur les difficultés qui s'élèvent entre eux à cet égard.

Le concessionnaire d'une voie ferrée ne peut toutefois être tenu d'admettre sur ses rails un matériel dont le poids serait hors de proportion avec les éléments constitutifs de ses voies.

Dans le cas où un concessionnaire d'embranchement ou de prolongement joignant la ligne principale n'use pas de la faculté de circuler sur cette ligne, comme aussi dans le cas où le concessionnaire de cette dernière ligne ne veut pas circuler sur les prolongements et embranchements, ces concessionnaires sont tenus de s'arranger

entre eux de manière que le service de transport ne soit jamais interrompu aux points de jonction des diverses lignes.

Celui des concessionnaires qui se sert d'un matériel qui n'est pas sa propriété paye une indemnité en rapport avec l'usage et la détérioration de ce matériel. Dans le cas où les concessionnaires ne se mettent pas d'accord sur la quotité de l'indemnité ou sur les moyens d'assurer la continuation du service sur toutes les lignes, l'Administration y pourvoit d'office et prescrit toutes les mesures nécessaires.

Gares communes.

Le concessionnaire est tenu, si l'autorité compétente le juge convenable, de partager l'usage des stations établies à l'origine des voies de fer d'embranchement avec les Compagnies qui deviendraient concessionnaires desdits embranchements.

Il est fait un partage équitable des frais résultant de l'usage commun desdites gares, et les sommes à payer par les Compagnies nouvelles sont, en cas de dissentiment, réglées par voie d'arbitrage.

En cas de désaccord sur le principe ou l'exercice de l'usage commun des gares, il est statué par le ministre des travaux publics, les concessionnaires entendus.

Embranchements industriels.

ART. 48. — Les concessionnaires de toute voie ferrée affectée au transport des marchandises est tenu de s'entendre avec tout propriétaire de carrières, de mines ou d'usines qui, offrant de se soumettre aux conditions prescrites ci-après, demande un embranchement; à défaut d'accord, le préfet statue sur la demande, le concessionnaire entendu.

Les embranchements sont construits aux frais des propriétaires de carrières, de mines et d'usines, et de manière qu'il ne résulte de leur établissement aucune entrave à la circulation générale, aucune cause d'avarie pour le matériel, ni aucuns frais particuliers pour le service de la ligne principale.

Leur entretien est fait avec soin, aux frais de leurs propriétaires, et sous le contrôle du préfet. Le concessionnaire a le droit de faire surveiller par ses agents cet entretien, ainsi que l'emploi de son matériel sur les embranchements.

Le préfet peut, à toute époque, prescrire les modifications qui sont jugées utiles dans la soudure, le tracé ou l'établissement de la voie desdits embranchements, et les changements sont opérés aux frais des propriétaires.

Le préfet peut même, après avoir entendu les propriétaires, ordonner l'enlèvement temporaire des aiguilles de soudure, dans le cas où les établissements embranchés viendraient à suspendre, en tout ou en partie, leurs transports.

Le concessionnaire est tenu d'envoyer des wagons sur tous les embranchements autorisés destinés à faire communiquer des établissements de carrières, de mines ou d'usines avec la ligne principale.

Le concessionnaire amène ses wagons à l'entrée des embranchements.

Les expéditeurs ou destinataires font conduire les wagons dans leurs établissements pour les charger ou décharger et les ramènent au point de jonction avec la ligne principale, le tout à leurs frais.

Les wagons ne peuvent d'ailleurs être employés qu'au transport d'objets et marchandises destinés à la ligne principale.

Le temps pendant lequel les wagons séjournent sur les embranchements particuliers ne peut excéder six heures lorsque l'embranchement n'a pas plus d'un kilomètre. Ce temps est augmenté d'une demi-heure par kilomètre en sus du premier, non compris les heures de la nuit, depuis le coucher jusqu'au lever du soleil.

Dans le cas où les limites de temps sont dépassées nonobstant l'avertissement spécial donné par le concessionnaire, il peut exiger une indemnité égale à la valeur du droit de loyer des wagons, pour chaque période de retard après l'avertissement.

S'il est jugé nécessaire par le préfet, statuant sur l'avis du contrôle, d'établir un gardien aux aiguilles d'un embranchement industriel, le traitement de cet agent est à la charge du propriétaire de l'embranchement; mais il est nommé et payé par le concessionnaire.

En cas de difficulté, il est statué par l'administration, le concessionnaire entendu.

Les propriétaires d'embranchements sont responsables des avaries que le matériel peut éprouver pendant son parcours ou son séjour sur ces lignes.

Dans le cas d'inexécution d'une ou de plusieurs des conditions énoncées ci-dessus, le préfet peut, sur la plainte du concessionnaire et après avoir entendu le propriétaire de l'embranchement, ordonner par un arrêté la suspension du service et faire supprimer la soudure, sauf recours à l'administration supérieure et sans préjudice de tous dommages-intérêts que le concessionnaire serait en droit de répéter pour la non exécution de ces conditions.

Le concessionnaire est indemnisé de la fourniture et de l'envoi de son matériel sur les embranchements par la perception du tarif qui est fixé par son cahier des charges pour chaque kilomètre parcouru.

Tout kilomètre entamé est payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Le chargement et le déchargement sur les embranchements s'opèrent aux frais des expéditeurs ou destinataires, soit qu'ils les fassent eux-mêmes, soit que la Compagnie du tramway consente à les opérer.

Dans ce dernier cas, ces frais sont l'objet d'un règlement arrêté par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Tout wagon envoyé par le concessionnaire sur un embranchement doit être payé comme wagon complet, lors même qu'il ne serait pas complètement chargé.

La surcharge, s'il y en a, est payée au prix du tarif légal et au prorata du poids réel. Le concessionnaire est en droit de refuser les chargements qui dépasseraient le maximum déterminé par son cahier des charges.

Ce maximum sera revisé par le préfet, de manière à être toujours en rapport avec la capacité des wagons.

Les wagons sont pesés à la station d'arrivée par les soins et aux frais du concessionnaire.

Contribution foncière.

Art. 49. — La contribution foncière pour les dépendances situées en dehors de l'assiette des routes, chemins et autres voies publiques est établie en raison de la surface occupée par ces dépendances; la cote en est calculée, comme pour les canaux, conformément à la loi du 25 avril 1803.

Les bâtiments et magasins dépendant de l'exploitation de la voie ferrée sont assimilés aux propriétés bâties de la localité. Toutes les contributions auxquelles

ces édifices peuvent être soumis sont, aussi bien que la contribution foncière, à la charge du concessionnaire.

Agents du concessionnaire.

ART. 50. — Les agents et gardes que le concessionnaire établit, soit pour la perception des droits, soit pour la surveillance et la police de la voie de fer et de ses dépendances, peuvent être assermentés, et sont, dans ce cas, assimilés aux gardes champêtres. Ces agents sont revêtus d'un uniforme ou sont porteurs d'un signe distinctif.

Comptes rendus statistiques annuels et trimestriels.

ART. 51. — Tout concessionnaire doit adresser chaque année au préfet des états statistiques conformes aux modèles qui seront arrêtés par le ministre des travaux publics et qui comprennent les renseignements relatifs à l'année entière (du 1er janvier au 31 décembre).

Cet envoi est fait le 15 avril de chaque année au plus tard. Les renseignements fournis par le concessionnaire peuvent être publiés.

Indépendamment de ces états annuels, le compte rendu des résultats de l'exploitation, comprenant les dépenses d'établissement et d'exploitation et les recettes brutes, est remis au préfet dans le mois qui suit l'expiration de chaque trimestre. Ce compte rendu est dressé en trois expéditions destinées au préfet, au représentant de l'autorité qui a donné la concession, et au ministre des travaux publics; il est publié, au moins par extraits, dans le *Journal officiel*, conformément aux prescriptions de l'article 19 de la loi du 11 juin 1880.

Frais de contrôle.

ART. 52. — Les frais de visite, de surveillance et de réception des travaux et les frais de contrôle de l'exploitation sont supportés par le concessionnaire.

Afin de pourvoir à ces frais, le concessionnaire est tenu de verser chaque année, à la caisse centrale du trésorier-payeur général du département, la somme qui est fixée dans le cahier des charges de la concession par chaque kilomètre de voie ferrée concédé.

Si le concessionnaire ne verse pas la somme ci-dessus réglée aux époques fixées, le préfet rend un rôle exécutoire, et le montant en est recouvré comme en matière de contributions publiques.

Registre des réclamations.

ART. 53 — Il est tenu dans chaque station et dans chaque bureau d'attente un registre coté et parafé par le maire de la commune, lequel est destiné à recevoir les réclamations des personnes (voyageurs ou autres) qui auraient des plaintes à former, soit contre le concessionnaire, soit contre ses agents.

Ce registre est présenté à toute réquisition du public; il est visé par les agents du service du contrôle et de surveillance administrative.

Propositions du concessionnaire.

Art. 54. — Dans tous les cas, conformément aux dispositions du présent règlement, le préfet doit statuer sur la proposition d'un concessionnaire, celui-ci est tenu de lui soumettre cette proposition dans le délai qui a été déterminé, faute de quoi le préfet peut statuer directement.

Si le préfet pense qu'il y a lieu de modifier la proposition du concessionnaire, il doit, sauf le cas d'urgence, entendre celui-ci avant de prescrire les modifications dont il s'agit.

Affichage et publication du présent règlement.

Art. 55. — Des exemplaires du présent règlement, ainsi que des articles de l'ordonnance royale du 5 novembre 1846, du décret du 30 avril 1880 et du décret du 12 août 1874, auxquels il se réfère, sont constamment affichés à la diligence du concessionnaire, aux abords des bureaux des voies ferrées qui empruntent le sol des voies publiques, ainsi que dans les salles d'attente.

Le conducteur ou receveur de toute voiture, le conducteur principal de tout train en marche sont munis d'un exemplaire du règlement. Des extraits sont délivrés, chacun pour ce qui le concerne, aux cochers, receveurs, mécaniciens, chauffeurs, garde-freins et autres agents employés sur la voie ferrée.

Des extraits, en ce qui concerne les règles à observer par les voyageurs pendant le trajet, sont placés dans chaque caisse de voiture.

Constatation et poursuite des contraventions.

Art. 56. — Sont constatées, poursuivies et réprimées, conformément aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845, qui ont été rendues applicables aux tramways par l'article 37 de la loi du 11 juin 1880, les contraventions au présent règlement, aux décisions ministérielles et aux arrêtés pris par les préfets pour l'exécution de ce règlement.

Art. 57. — Les dispositions du présent règlement sont applicables aux chemins de fer d'intérêt local sur les sections où ces chemins de fer empruntent le sol des voies publiques, sans préjudice de l'application de l'ordonnance du 15 novembre 1846.

Exécution du présent règlement.

Art. 58. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois* et au *Journal officiel*.

Fait à Paris, le 5 août 1881.

Jules GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,

Sadi CARNOT.

CAHIER DES CHARGES TYPE

POUR LA CONCESSION DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

DÉCRET

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics,

Vu l'article 2 de la loi du 11 juin 1880, aux termes duquel le conseil général arrête la direction des chemins de fer d'intérêt local, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation, en se conformant aux clauses et conditions du cahier des charges type approuvé par le Conseil d'État, sauf les modifications qui seront apportées par la convention et la loi d'approbation;

Vu l'instruction à laquelle a donné lieu la préparation du cahier des charges type prévu par la loi susvisée;

Le Conseil d'État entendu,

DÉCRÈTE :

ARTICLE 1er. — Est approuvé le cahier des charges type ci-annexé, dressé en exécution de l'article 2 de la loi du 11 juin 1880, pour la concession des chemins de fer d'intérêt local.

ART. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 6 août 1881.

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,

SADI CARNOT.

CAHIER DES CHARGES TYPE[1]

TITRE PREMIER

TRACÉ ET CONSTRUCTION

Tracé.

ARTICLE 1er. — Le chemin de fer d'intérêt local qui fait l'objet du présent cahier des charges partira de..... passera à ou près.....

Délais d'exécution.

ART. 2. — Les travaux devront être commencés dans un délai de..... à partir de la loi déclarative d'utilité publique. Ils seront poursuivis de telle façon que la *section de* à soit livrée à l'exploitation le *la section de* à le et la ligne entière le

Approbation des projets.

ART. 3. — Aucun travail ne pourra être entrepris pour l'établissement du chemin de fer et de ses dépendances sans que les projets en aient été approuvés, conformément à l'article 3 de la loi du 11 juin 1880, pour les projets d'ensemble, par le *conseil général*, et, pour les projets de détail des ouvrages, par le préfet, sous réserve de l'approbation spéciale du ministre des travaux publics, dans le cas où les travaux affecteraient des cours d'eau ou des chemins dépendant de la grande voirie.

A cet effet, les projets d'ensemble, comprenant le tracé, les terrassements et l'emplacement des stations, seront remis au préfet, dans les *six* mois au plus tard de la date de la loi déclarative d'utilité publique.

Le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef du département, soumettra ces projets au *conseil général*, qui statuera définitivement, sauf le droit réservé au ministre des travaux publics par le paragraphe 2 de l'article 3 de la loi, d'appeler le conseil général à statuer à nouveau sur les dits projets.

L'une des expéditions des projets ainsi approuvés sera remise au concessionnaire avec la mention de la décision approbative du *conseil général*; l'autre restera entre les mains du préfet.

1. La présente formule type est rédigée dans l'hypothèse d'une concession conférée par un *département*. Ce mot sera modifié partout où il est exprimé *en italique* dans le cas où la concession émanerait d'une *commune* (art. 1 et 2 de la loi du 11 juin 1880). On a aussi imprimé *en italique* les autres mots et chiffres qui peuvent être modifiés suivant les circonstances.

Avant comme pendant l'exécution, le concessionnaire aura la faculté de proposer aux projets approuvés les modifications qu'il jugerait utiles, mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation de l'autorité compétente.

Projets antérieurs.

ART. 4. — Le concessionnaire pourra prendre copie, sans déplacement, de tous les plans, nivellements et devis qui auraient été antérieurement dressés aux frais du *département*.

Pièces à fournir.

ART. 5. — Les projets d'ensemble qui doivent être produits par le concessionnaire comprennent pour la ligne entière ou pour chaque section de ligne :

1° Un extrait de carte au 1/80000e;

2° Un plan général à l'échelle de 1/10000e;

3° Un profil en long à l'échelle de 1/5000e pour les longueurs et de 1/1000e pour les hauteurs, dont les cotes seront rapportées au niveau moyen de la mer, pris pour plan de comparaison. Au dessous de ce profil on indiquera, au moyen de trois lignes horizontales disposées à cet effet, savoir :

Les distances kilométriques du chemin de fer, comptées à partir de son origine;

La longueur et l'inclinaison de chaque pente ou rampe;

La longueur des parties droites et le développement des parties courbes du tracé, en faisant connaître le rayon correspondant à chacune de ces dernières;

4° Un certain nombre de profils en travers à l'échelle de 0m005 pour mètre et le profil type de la voie à l'échelle de 0m02 pour mètre;

5° Un mémoire dans lequel seront justifiées toutes les dispositions essentielles du projet, et un devis descriptif dans lequel seront reproduites, sous forme de tableaux, les indications relatives aux déclivités et aux courbes déjà données sur le profil en long.

La position des gares et stations projetées, celle des cours d'eau et des voies de communication traversés par le chemin de fer, des passages soit à niveau, soit en dessus, soit en dessous de la voie ferrée, devront être indiquées tant sur le plan que sur le profil en long, le tout sans préjudice des projets à fournir pour chacun de ces ouvrages.

Acquisition des terrains.
Ouvrages d'art. — Établissement de la deuxième voie.

ART. 6[1]. — Les terrains seront acquis, les ouvrages d'art et les terrassements seront exécutés et les voies seront posées pour une voie seulement, sauf l'établissement d'un certain nombre de gares d'évitement.

1. Dans le cas où les dispositions de cet article ne paraîtront pas suffisantes, on pourra les remplacer par celles-ci :

Les terrains seront acquis, les ouvrages d'art et les terrassements seront exécutés et les rails seront posés pour deux voies.

Néanmoins, le concessionnaire pourra être autorisé, à titre provisoire, à exécuter les terrassements et à ne poser les rails que pour une seule voie.

Les terrains acquis pour l'établissement du chemin de fer ne pourront pas recevoir une autre destination.

Le concessionnaire sera tenu d'exécuter à ses frais une seconde voie, lorsque la recette brute kilométrique aura atteint le chiffre de [1] francs pendant une année.

En dehors du cas prévu par le paragraphe précédent, il pourra, à toute époque de la concession, être requis par le préfet au nom *du département*, et par le ministre des travaux publics au nom de l'État, d'exécuter et d'exploiter une seconde voie sur tout ou partie de la ligne, moyennant le remboursement des frais d'établissement de ladite voie.

Si les travaux de la double voie requise ne sont pas commencés et poursuivis dans les délais et conditions prescrits par la décision qui les a ordonnés, l'administration pourra mettre le chemin de fer tout entier sous séquestre et exécuter elle-même les travaux.

Les terrains acquis pour l'établissement du chemin de fer ne pourront pas recevoir une autre destination.

Largeur de la voie. — Gabarit du matériel roulant.

Art. 7. — La largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails devra être de [2]

La largeur des locomotives et des caisses des véhicules ainsi que de leur chargement ne dépassera pas [3].....; et la largeur du matériel roulant, y compris toutes saillies, notamment celle des marchepieds latéraux, restera inférieure à [4].....; la hauteur du matériel roulant au dessus des rails sera au plus de [5].....

Dans les parties à deux voies, la largeur de l'entrevoie, mesurée entre les bords extérieurs des rails, sera de [6].....

La largeur des accotements, c'est-à-dire des parties comprises de chaque côté entre le bord extérieur du rail et l'arête supérieure du ballast sera de [7].....

L'épaisseur de la couche de ballast sera d'au moins trente-cinq centimètres ($0^m 35$), et l'on ménagera, au pied de chaque talus du ballast, une banquette de largeur telle que l'arête de cette banquette se trouve à quatre-vingt-dix centimètres ($0^m 90$) au moins de la verticale de la partie la plus saillante du matériel roulant.

1. A déterminer dans chaque cas particulier. On admet généralement le chiffre de 35 000 fr.

2. $1^m 44$, 1 mètre ou $0^m 75$.

3. Largeur à déterminer dans chaque cas particulier; toutefois on n'admettra pas plus de $2^m 80$ pour la voie de $1^m 44$, ni de $2^m 50$ pour la voie de 1 mètre, ni de $1^m 875$ pour la voie de $0^m 75$.

4. Largeur à déterminer dans chaque cas particulier; toutefois on n'admettra pas plus de $3^m 10$ pour la voie de $1^m 44$, ni de $2^m 80$ pour la voie de 1 mètre, ni de $2^m 175$ pour la voie de $0^m 75$.

C'est cette dernière dimension, égale à la plus grande largeur du gabarit du matériel roulant, qui servira à déterminer la largeur de la plate-forme et des ouvrages d'art.

5. $4^m 20$ pour la voie de $1^m 44$; hauteur à déterminer dans chaque cas particulier pour les autres voies.

Cette dimension servira à fixer l'élévation des ouvrages d'art qui seront établis au dessus du chemin de fer.

6. La largeur de l'entrevoie sera telle qu'entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent, il y ait un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres ($0^m 50$).

7. Cette largeur sera calculée de façon que l'arête supérieure du ballast se trouve sur la verticale de la partie la plus saillante du matériel roulant.

Le concessionnaire établira le long du chemin de fer les fossés ou rigoles qui seront jugés nécessaires pour l'assèchement de la voie et pour l'écoulement des eaux.

Les dimensions de ces fossés et rigoles seront déterminées par le préfet, suivant les circonstances locales, sur les propositions du concessionnaire.

Alignements et courbes. — Pentes et rampes.

ART. 8. — Les alignements seront raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne pourra être inférieur à [1]

Une partie droite de [2] au moins de longueur devra être ménagée entre deux courbes consécutives, lorsqu'elles seront dirigées en sens contraire.

Le maximum de déclivités est fixé à [3] millièmes.

Une partie horizontale de [4] mètres au moins devra être ménagée entre deux déclivités consécutives de sens contraire.

Les déclivités correspondant aux courbes de faible rayon devront être réduites autant que faire se pourra.

Le concessionnaire aura la faculté, dans des cas exceptionnels, de proposer aux dispositions du présent article les modifications qui lui paraîtraient utiles, mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation préalable du préfet.

Gares et stations.

ART. 9. — Le nombre et l'emplacement des stations ou haltes de voyageurs et des gares de marchandises seront arrêtés par le *Conseil général*, sur les propositions du concessionnaire, après une enquête spéciale.

Il demeure toutefois entendu, dès à présent, que des stations seront établies dans les localités indiquées ci-après :

Si pendant l'exploitation de nouvelles stations, gares ou haltes sont reconnues nécessaires, d'accord entre le *département* et le concessionnaire, il sera procédé à une enquête spéciale.

L'emplacement en sera définitivement arrêté par le *Conseil général*, le concessionnaire entendu.

Le nombre, l'étendue et l'emplacement des gares d'évitement seront déterminés par le préfet, le concessionnaire entendu; si la sécurité publique l'exige, le préfet pourra, pendant le cours de l'exploitation, prescrire l'établissement de nouvelles

1. En général, et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié, 250 mètres pour les chemins à voie de 1^m44; 100 mètres pour les chemins à voie de 1 mètre et 50 mètres pour les chemins à voie de 0^m75.

2. En général, 60 mètres pour la voie de 1^m44 et 40 mètres pour les voies de 1^m00 et de 0^m75.

3. En général, et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié, 30 millimètres.

4. En général, 60 mètres pour la voie de 1^m44 et 40 mètres pour les voies de 1^m00 et 0^m75.

gares d'évitement ainsi que l'augmentation des voies dans les stations et aux abords des stations.

Le concessionnaire sera tenu, préalablement à tout commencement d'exécution, de soumettre au préfet les projets de détail de chaque gare, station ou halte, lesquels se composeront :

1° D'un plan à l'échelle de 1/500 indiquant les voies, les quais, les bâtiments et leur distribution intérieure, ainsi que la disposition de leurs abords;

2° D'une élévation des bâtiments à l'échelle d'un centimètre par mètre;

3° D'un mémoire descriptif dans lequel les dispositions essentielles du projet seront justifiées

Traversées des routes et chemins.

Art. 10. — Le concessionnaire sera tenu de rétablir les communications interceptées par le chemin de fer, suivant les dispositions qui seront approuvées par l'administration compétente.

Passages au dessus des routes et chemins.

Art. 11. — Lorsque le chemin de fer devra passer au dessus d'une route nationale ou départementale, ou d'un chemin vicinal, l'ouverture du viaduc sera fixée par le ministre des travaux publics ou le préfet, suivant le cas, en tenant compte des circonstances locales; mais cette ouverture ne pourra dans aucun cas, être inférieure à huit mètres (8m 00) pour la route nationale, à sept mètres (7m 00) pour la route départementale, à cinq mètres (5m 00) pour un chemin vicinal de grande communication ou d'intérêt commun, et à quatre mètres (4m 00) pour un simple chemin vicinal.

Pour les viaducs de forme cintrée, la hauteur sous clef à partir du sol de la route sera de cinq mètres (5m 00) au moins. Pour ceux qui seront formés de poutres horizontales en bois ou en fer, la hauteur sous poutre sera de quatre mètres trente centimètres (4m 30) au moins.

La largeur entre les parapets sera au moins de[1] . La hauteur de ces parapets ne pourra, dans aucun cas, être inférieure à un mètre (1m 00).

Sur les lignes et sections pour lesquelles la Compagnie exécutera les ouvrages d'art pour deux voies, la largeur des viaducs entre les parapets sera au moins de[1]..... .

Passages au dessous des routes et chemins.

Art. 12. — Lorsque le chemin de fer devra passer au dessous d'une route nationale ou départementale ou d'un chemin vicinal, la largeur entre les parapets du pont qui supportera la route ou le chemin sera fixée par le ministre des travaux publics ou le préfet, suivant les cas, en tenant compte des circonstances locales; mais cette largeur ne pourra, dans aucun cas, être inférieure à huit mètres (8m 00) pour la route nationale, à sept mètres (7m 00) pour la route départementale, à cinq

1. Cette largeur sera telle qu'il y ait un intervalle de soixante-dix centimètres (0m 70) au moins entre les parapets et les parties les plus saillantes du matériel roulant d'après la largeur maximum qui est fixée dans le deuxième paragraphe de l'article 7.

mètres (5 m) pour un chemin vicinal de grande communication, et à quatre mètres (4 m 00) pour un simple chemin vicinal.

L'ouverture du pont entre les culées sera au moins de[1] pour les chemins à une voie et de[1] sur les lignes ou sections pour lesquelles le concessionnaire exécutera les ouvrages d'art pour deux voies. Cette largeur règnera jusqu'à deux mètres (2 m 00) au moins au dessus du niveau du rail. La distance verticale qui sera ménagée au dessus des rails pour le passage des trains, dans une largeur égale à celle qui est occupée par les caisses des voitures, ne sera pas inférieure à[2].....

Passages à niveau.

ART. 13. — Dans le cas où des routes nationales ou départementales ou des chemins vicinaux, ruraux ou particuliers seraient traversés à leur niveau par le chemin de fer, les rails et contre-rails devront être posés sans aucune saillie ni dépression sur la surface de ces routes, et de telle sorte qu'il n'en résulte aucune gêne pour la circulation des voitures.

Le croisement à niveau du chemin de fer et des routes ne pourra s'effectuer sous un angle inférieur à 45°, à moins d'une autorisation formelle de l'administration supérieure.

L'ouverture libre des passages à niveau sera d'au moins six mètres (6 m 00) pour les routes nationales et départementales et les chemins vicinaux de grande communication, et d'au moins quatre mètres (4 m 00) pour tous les autres chemins.

Le préfet déterminera, sur la proposition du concessionnaire, les types des barrières qu'il devra poser aux passages à niveau, ainsi que des abris ou maisons de garde à établir. Il peut dispenser d'établir des maisons de garde ou des abris, et même de poser des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

La déclivité des routes et chemins aux abords des passages à niveau sera réduite à vingt millièmes au plus sur dix mètres de longueur de part et d'autre de chaque passage.

Rectifications des routes.

ART. 14. — Lorsqu'il y aura lieu de modifier l'emplacement ou le profil des routes existantes, l'inclinaison des pentes et rampes sur les routes modifiées ne pourra excéder trois centimètres (0 m 03) par mètre pour les routes nationales et cinq centimètres (0 m 05) pour les routes départementales et les chemins vicinaux. Le préfet restera libre, toutefois, d'apprécier les circonstances qui pourraient motiver une dérogation à cette clause, en ce qui touche les routes départementales et les chemins vicinaux; le ministre statuera en tout ce qui touche les routes nationales.

Écoulement des eaux; débouché des ponts.

ART. 15. — Le concessionnaire sera tenu de rétablir et d'assurer à ses frais, pendant la durée de sa concession, l'écoulement de toutes les eaux dont le

1. Cette ouverture sera telle qu'il y ait un intervalle de soixante-dix centimètres (0 m 70) au moins entre les culées et les parties les plus saillantes du matériel roulant.

2. 4 m 80 pour la voie de 1 m 44; pour les autres voies, cette distance verticale sera égale à la hauteur du matériel roulant, telle qu'elle a été fixée dans le deuxième paragraphe de l'article 7, augmentée de soixante centimètres (0 m 60).

cours aurait été arrêté, suspendu ou modifié par ses travaux, et de prendre les mesures nécessaires pour prévenir l'insalubrité pouvant résulter des chambres d'emprunt.

Les viaducs à construire à la rencontre des rivières, des canaux et des cours d'eau quelconques auront au moins[1] de largeur entre les parapets sur les chemins à une voie et[1] sur les chemins à deux voies, et ils présenteront, en outre, les garages nécessaires pour la sécurité des ouvriers de la voie. La hauteur des parapets ne pourra être inférieure à un mètre (1 m 00).

La hauteur et le débouché du viaduc seront déterminés, dans chaque cas particulier, par l'administration, suivant les circonstances locales.

Dans tous les cas où l'administration le jugera utile, il pourra être accolé aux ponts établis par le concessionnaire, pour le service du chemin de fer, une voie charretière ou une passerelle pour piétons. L'excédent de dépense qui en résultera sera supporté, suivant les cas, par l'État, le département ou les communes intéressées, d'après l'évaluation contradictoire qui sera faite par les ingénieurs ou les agents désignés par l'autorité compétente et par les ingénieurs de la Compagnie.

Souterrains.

Art. 16. — Les souterrains à établir pour le passage du chemin de fer auront au moins[2] de largeur entre les piédroits au niveau des rails pour les chemins à une voie et[2] de largeur pour les lignes ou sections à deux voies. Cette largeur règnera jusqu'à deux mètres (2 m 00) au moins au dessus du niveau du rail. Des garages seront établis à cinquante mètres (50 m 00) de distance de chaque côté, et seront disposés en quinconce d'un côté à l'autre. La hauteur sous clef au dessus de la surface des rails sera de[3] . La distance verticale qui sera ménagée entre l'intrados et le dessus des rails, pour le passage des trains, dans une largeur égale à celle qui est occupée par les caisses des voitures ne sera pas inférieure à[4] . L'ouverture des puits d'aérage et de construction des souterrains sera entourée d'une margelle en maçonnerie de deux mètres (2 m 00) de hauteur. Cette ouverture ne pourra être établie sur aucune voie publique.

Maintien des communications.

Art. 17. — A la rencontre des cours d'eau flottables ou navigables, le concessionnaire sera tenu de prendre toutes les mesures et de payer tous les frais nécessaires pour que le service de la navigation ou du flottage n'éprouve ni interruption ni entrave pendant l'exécution des travaux.

A la rencontre des routes nationales ou départementales et des autres chemins publics, il sera construit des chemins et ponts provisoires, par les soins et aux frais du concessionnaire, partout où cela sera jugé nécessaire pour que la circulation n'éprouve aucune interruption ni gêne.

1. Même largeur qu'à l'article 11.
2. Même largeur qu'à l'article 12.
3. Cette hauteur sera égale à la hauteur maximum du gabarit du matériel roulant, augmentée d'un intervalle libre, nécessaire pour l'aérage, d'au moins un mètre vingt centimètres (1 m 20) pour une ou pour deux voies.
4. Même distance verticale qu'à l'article 12.

Avant que les communications existantes puissent être interceptées, une reconnaissance sera faite par les ingénieurs de la localité, à l'effet de constater si les ouvrages provisoires présentent une solidité suffisante et s'ils peuvent assurer le service de la circulation.

Un délai sera fixé par l'administration pour l'exécution des ouvrages définitifs destinés à rétablir les communications interceptées.

Exécution des travaux.

ART. 18. — Le concessionnaire n'emploiera dans l'exécution des ouvrages que des matériaux de bonne qualité; il sera tenu de se conformer à toutes les règles de l'art, de manière à obtenir une construction parfaitement solide.

Tous les aqueducs, ponceaux, ponts et viaducs à construire à la rencontre des divers cours d'eau et des chemins publics ou particuliers seront en maçonnerie ou en fer, sauf les cas d'exception qui pourront être admis par l'administration.

Voies.

ART. 19. — Les voies seront établies d'une manière solide et avec des matériaux de bonne qualité.

Les rails seront en et du poids de [1] kilogrammes au moins par mètre courant sur les voies de circulation.

L'espacement maximum des traverses sera de d'axe en axe.

Clôtures.

ART. 20. — Le chemin de fer sera séparé des propriétés riveraines par des murs, haies ou toute autre clôture dont le mode et la disposition seront agréés par le préfet. Le concessionnaire pourra, conformément à l'article 20 de la loi du 11 juin 1880, être dispensé de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie, mais il devra fournir des justifications spéciales pour être dispensé d'en établir :

1° Dans la traversée des lieux habités;

2° Dans les parties contiguës à des chemins publics;

3° Sur dix mètres de longueur au moins de chaque côté des passages à niveau et des stations.

Indemnités de terrains et de dommages.

ART. 21. — Tous les terrains nécessaires pour l'établissement du chemin de fer et de ses dépendances, pour la déviation des voies de communication et des cours d'eau déplacés, et, en général, pour l'exécution des travaux, quels qu'ils soient, auxquels cet établissement pourra donner lieu, seront achetés et payés par le concessionnaire [2].

1. En général, et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié, 30 kilogrammes en fer et 25 kilogrammes en acier sur les chemins à voie large ; le poids sera fixé dans chaque affaire pour les chemins à voie étroite.

2. Il y aura lieu de modifier ce paragraphe dans le cas où le département ou les communes auraient pris l'engagement de fournir les terrains.

Les indemnités pour occupation temporaire ou pour détérioration de terrains, pour chômage, modification ou destruction d'usines et pour tous dommages quelconques résultant des travaux, seront supportées et payées par le concessionnaire.

Droits conférés au concessionnaire.

Art. 22. — L'entreprise étant d'utilité publique, le concessionnaire est investi, pour l'exécution des travaux dépendant de sa concession, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'administration en matière de travaux publics, soit pour l'acquisition des terrains par voie d'expropriation, soit pour l'extraction, le transport et le dépôt des terres, matériaux, etc., et il demeure en même temps soumis à toutes les obligations qui dérivent, pour l'administration, de ces lois et règlements.

Servitudes militaires.

Art. 23. — Dans les limites de la zone frontière et dans le rayon de servitude des enceintes fortifiées, le concessionnaire sera tenu, pour l'étude et l'exécution de ses projets, de se soumettre à l'accomplissement de toutes les formalités et de toutes les conditions exigées par les lois, décrets et règlements concernant les travaux mixtes.

Mines.

Art. 24. — Si la ligne du chemin de fer traverse un sol déjà concédé pour l'exploitation d'une mine, les travaux de consolidation à faire dans l'intérieur de la mine qui pourraient être imposés par le ministre des travaux publics, ainsi que les dommages résultant de cette traversée pour les concessionnaires de la mine, seront à la charge du concessionnaire.

Carrières.

Art. 25. — Si le chemin de fer doit s'étendre sur des terrains renfermant des carrières ou les traverser souterrainement, il ne pourra être livré à la circulation avant que les excavations qui pourraient en compromettre la solidité aient été remblayées ou consolidées. Les travaux que le ministre des travaux publics pourrait ordonner à cet effet seront exécutés par les soins et aux frais du concessionnaire.

Contrôle et surveillance des travaux.

Art. 26. — Les travaux seront soumis au contrôle et à la surveillance du préfet, sous l'autorité du ministre des travaux publics.

Ils seront conduits de manière à nuire le moins possible à la liberté et à la sûreté de la circulation. Les chantiers ouverts sur le sol des voies publiques seront éclairés et gardés pendant la nuit.

Les travaux devront être adjugés par lots et sur série de prix, soit avec publicité et concurrence, soit sur soumissions cachetées entre entrepreneurs agréés à l'avance; toutefois, si le conseil d'administration juge convenable, pour une entreprise ou une fourniture déterminée, de procéder par voie de régie ou de traité direct, il devra obtenir de l'assemblée générale des actionnaires la sanction soit de la régie, soit du traité.

Tout marché à forfait, avec ou sans série de prix, passé avec un entrepreneur, soit pour l'ensemble du chemin de fer, soit pour l'exécution des terrassements ou ouvrages d'art, soit pour la construction d'une ou de plusieurs sections du chemin, est, dans tous les cas, formellement interdit.

Le contrôle et la surveillance du préfet auront pour objet d'empêcher le concessionnaire de s'écarter des dispositions prescrites par le présent cahier des charges et de celles qui résulteront des projets approuvés.

Réception des travaux.

Art. 27. — A mesure que les travaux seront terminés sur des parties de chemin de fer susceptibles d'être livrées utilement à la circulation, il sera procédé à la reconnaissance et, s'il y a lieu, à la réception provisoire de ces travaux par un ou plusieurs commissaires que le préfet désignera.

Sur le vu du procès-verbal de cette reconnaissance, le préfet autorisera, s'il y a lieu, la mise en exploitation des parties dont il s'agit; après cette autorisation, le concessionnaire pourra mettre lesdites parties en service et y percevoir les taxes ci-après déterminées. Toutefois ces réceptions ne deviendront définitives que par la réception générale et définitive du chemin de fer, laquelle sera faite dans la même forme que les réceptions partielles.

Bornage et plan cadastral.

Art. 28. — Immédiatement après l'achèvement des travaux, et au plus tard six mois après la mise en exploitation de la ligne ou de chaque section, le concessionnaire fera faire à ses frais un bornage contradictoire avec chaque propriétaire riverain, en présence d'un représentant du département, ainsi qu'un plan cadastral du chemin de fer et de ses dépendances. Il fera dresser également à ses frais, et contradictoirement avec les agents désignés par le préfet, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui auront été exécutés, ledit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous les ouvrages.

Une expédition dûment certifiée des procès-verbaux de bornage, du plan cadastral, de l'état descriptif et de l'atlas sera dressée aux frais du concessionnaire et déposée dans les archives de la préfecture.

Les terrains acquis par le concessionnaire, postérieurement au bornage général, en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation, et qui, par cela même, deviendront partie intégrante du chemin de fer, donneront lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires, et seront ajoutés sur le plan cadastral; addition sera également faite sur l'atlas de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Entretien.

Art. 29. — Le chemin de fer et toutes ses dépendances seront constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation y soit toujours facile et sûre.

Les frais d'entretien et ceux auxquels donneront lieu les réparations ordinaires et extraordinaires seront entièrement à la charge du concessionnaire.

Si le chemin de fer, une fois achevé, n'est pas constamment entretenu en bon état, il y sera pourvu d'office à la diligence du préfet et aux frais du concessionnaire, sans préjudice, s'il y a lieu, de l'application des dispositions indiquées ci-après dans l'article 39.

Le montant des avances faites sera recouvré au moyen de rôles que le préfet rendra exécutoires.

Gardiens.

Art. 30. — Le concessionnaire sera tenu d'établir à ses frais, partout où la nécessité en aura été reconnue par le préfet, des gardiens en nombre suffisant pour assurer la sécurité du passage des trains sur la voie et celle de la circulation sur les points où le chemin de fer traverse à niveau des routes ou chemins publics.

Matériel roulant.

Art. 31. — Le matériel roulant qui sera mis en circulation sur le chemin de fer concédé devra passer librement dans le gabarit, dont les dimensions sont définies par le deuxième paragraphe de l'article 7.

Les machines locomotives seront construites sur les meilleurs modèles; elles devront consumer leur fumée et satisfaire d'ailleurs à toutes les conditions prescrites ou à prescrire par l'administration pour la mise en service de ce genre de machines.

Les voitures de voyageurs devront également être faites d'après les meilleurs modèles et satisfaire à toutes les conditions réglées ou à régler pour les voitures servant au transport des voyageurs sur les chemins de fer. Elles seront suspendues sur ressort, et pourront être à deux étages.

L'étage inférieur sera complètement couvert, garni de banquettes avec dossiers, fermé à glaces, muni de rideaux et éclairé pendant la nuit; l'étage supérieur sera couvert et garni de banquettes avec dossiers; on y accèdera au moyen d'escaliers qui seront accompagnés, ainsi que les couloirs donnant accès aux places, de garde-corps solides d'au moins un mètre dix centimètres (1m 10) de hauteur utile.

Les dossiers et les banquettes devront être inclinés et les dossiers seront élevés à la hauteur de la tête des voyageurs.

Il y aura des places de classes; on se conformera, pour la disposition particulière des places de chaque classe, aux prescriptions qui seront arrêtées par le préfet.

L'intérieur de chaque compartiment contiendra l'indication du nombre de places de ce compartiment.

Le préfet pourra exiger qu'un compartiment de chaque classe soit réservé, dans les trains de voyageurs, aux femmes voyageant seules.

Les voitures de voyageurs, les wagons destinés au transport des marchandises, des chaises de poste, des chevaux ou des bestiaux, des plateformes, et, en général, toutes les parties du matériel roulant, seront de bonne et solide construction.

Le concessionnaire sera tenu, pour la mise en service de ce matériel, de se soumettre à tous les règlements sur la matière.

Le nombre des voitures à frein qui doivent entrer dans la composition des trains sera réglé par le préfet, en rapport avec les déclivités de la ligne.

Les machines, locomotives, tenders, voitures, wagons de toute espèce, plate-forme, composant le matériel roulant, seront constamment tenus en bon état.

Nombre minimum des trains.

ART. 32. — Le nombre minimum des trains qui desserviront tous les jours la ligne entière dans chaque sens est fixé à .

Règlements de police et d'exploitation.

ART. 33. — Le concessionnaire supportera les dépenses qu'entraînera l'exécution des ordonnances, décrets, décisions ministérielles et arrêtés préfectoraux rendus ou à rendre par application de la loi du 15 juillet 1845 et de celle du 11 juin 1880, au sujet de la police et de l'exploitation du chemin de fer.

Le concessionnaire sera tenu de soumettre à l'approbation du préfet les règlements de service intérieur relatifs à l'exploitation du chemin de fer.

Le préfet déterminera, sur la proposition du concessionnaire, le minimum et le maximum de la vitesse des convois de voyageurs et de marchandises sur les différentes sections de la ligne, la durée du trajet et le tableau de la marche des trains.

TITRE III

DURÉE, RACHAT ET DÉCHÉANCE DE LA CONCESSION

Durée de la concession.

ART. 34. — La durée de la concession pour l ligne mentionnée à l'article 1er du présent cahier des charges commencera à courir de la date de la loi qui approuvera la concession. Celle-ci prendra fin le

Expiration de la concession.

ART. 35 — A l'époque fixée pour l'expiration de la concession, et par le seul fait de cette expiration, le *département* sera subrogé à tous les droits du concessionnaire sur le chemin de fer et ses dépendances, et il entrera immédiatement en jouissance de tous ses produits.

Le concessionnaire sera tenu de lui remettre en bon état d'entretien le chemin de fer et tous les immeubles qui en dépendent, quelle qu'en soit l'origine, tels que les bâtiments des gares et stations, les remises, ateliers et dépôts, les maisons de garde, etc... Il en sera de même de tous les objets immobiliers dépendant également dudit chemin, tels que les barrières et clôtures, les voies, changements de voies, plaques tournantes, réservoirs d'eau, grues hydrauliques, machines fixes, etc...,

Dans les cinq dernières années qui précèderont le terme de la concession, le *département* aura le droit de saisir les revenus du chemin de fer et de les employer à rétablir en bon état le chemin de fer et ses dépendances, si le concessionnaire ne se mettait pas en mesure de satisfaire pleinement et entièrement à cette obligation.

En ce qui concerne les objets mobiliers, tels que le matériel roulant, le mobilier des stations, l'outillage des ateliers et des gares, le *département* aura le droit de les reprendre en totalité ou pour telle partie qu'il jugera convenable, à dire d'experts, mais sans pouvoir y être contraint. La valeur des objets repris sera remise au concessionnaire dans les six mois qui suivront l'expiration de la concession et la remise du matériel au *département*.

Le *département* sera tenu, si le concessionnaire le requiert, de reprendre les matériaux, combustibles et approvisionnements de tous genres, sur l'estimation qui en sera faite à dire d'experts, et réciproquement, si le *département* le requiert, le concessionnaire sera tenu de céder ces approvisionnements de la même manière. Toutefois, le *département* ne pourra être obligé de reprendre que les approvisionnements nécessaires à l'exploitation du chemin pendant six mois.

Rachat de la concession.

Art. 36. — Le *département* aura toujours le droit de racheter la concession.

Si le rachat a lieu avant l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, il se fera conformément au paragraphe 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880. Ce terme de *quinze* ans sera compté à partir de la mise en exploitation effective de la ligne entière, ou, au plus tard, à partir de la fin du délai qui est fixé dans l'article 2 du présent cahier des charges, sans tenir compte des retards qui auraient eu lieu dans l'achèvement des travaux.

Si le rachat de la concession entière est demandé par le *département* après l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, on règlera le prix du rachat en relevant les produits nets annuels obtenus par le concessionnaire pendant les *sept* années qui auront précédé celle où le rachat sera effectué, et en y comprenant les annuités qui auront été payées à titre de subvention ; on en déduira les produits nets des deux plus faibles années, et l'on établira le produit net moyen des *cinq* autres années.

Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité qui sera due et payée au concessionnaire pendant chacune des années restant à courir sur la durée de la concession.

Dans aucun cas, le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des *sept* années prises pour terme de comparaison.

Le concessionnaire recevra, en outre, dans les *six* mois qui suivront le rachat, les remboursements auxquels il aurait droit à l'expiration de la concession, suivant les deux derniers paragraphes de l'article 35, la reprise des objets mobiliers étant ici obligatoire dans tous les cas pour le *département*.

Le concessionnaire ne pourra élever aucune réclamation dans le cas où, le chemin concédé ayant été déclaré d'intérêt général, l'Etat sera substitué au *département* dans tous les droits que ce dernier tient de la loi du 11 juin 1880 et du présent cahier des charges.

Si l'Etat rachète la concession passé le terme de *quinze* années qui est fixé dans le paragraphe premier du présent article, le rachat sera opéré suivant les dispositions qui précèdent. Dans le cas où, au contraire, l'Etat déciderait de racheter la concession avant l'expiration de ce terme, l'indemnité qui pourra être due au concessionnaire sera liquidée par une commission spéciale, conformément au paragraphe 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880.

Déchéance.

Art. 37. — Si le concessionnaire n'a pas remis au préfet les projets définitifs ou s'il n'a pas commencé les travaux dans les délais fixés par les articles 2 et 3, il encourra la déchéance qui sera prononcée par le ministre des travaux publics, après une mise en demeure, sauf recours au Conseil d'Etat par la voie contentieuse.

Dans ces deux cas, la somme de qui aura été déposée, ainsi qu'il sera dit à l'article 66, à titre de cautionnement, deviendra la propriété du *département* et lui restera acquise.

Achèvement des travaux en cas de déchéance.

Art. 38. — Faute par le concessionnaire d'avoir poursuivi et terminé les travaux dans les délais et conditions fixés par l'article 2, faute aussi par lui d'avoir rempli les diverses obligations qui lui sont imposées par le présent cahier des charges, et dans le cas prévu par l'article 10 de la loi du 11 juin 1880, il encourra soit la perte partielle de son cautionnement dans les conditions prévues par l'acte de concession, soit la perte totale de ce cautionnement, soit enfin la déchéance. Dans tous les cas, il sera statué sur la demande du *département*, après mise en demeure, par le ministre des travaux publics, sauf recours au Conseil d'Etat par la voie contentieuse. Dans les deux premiers cas, le cautionnement sera reconstitué dans le mois de la décision ministérielle.

Dans le cas de déchéance, il sera pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements contractés par le concessionnaire, au moyen d'une adjudication que l'on ouvrira sur une mise à prix des ouvrages exécutés, des matériaux approvisionnés et des parties du chemin de fer déjà livrées à l'exploitation.

Nul ne sera admis à concourir à cette adjudication s'il n'a été préalablement agréé par le préfet.

A cet effet, les personnes qui voudraient concourir seront tenues de déclarer, dans le délai qui sera fixé, leur intention, par écrit déposé à la préfecture et accompagné des pièces propres à justifier des ressources nécessaires pour remplir les engagements à contracter.

Ces pièces seront examinées par le préfet en conseil de préfecture. Chaque soumissionnaire sera informé de la décision prise en ce qui le concerne, et, s'il y a lieu, du jour de l'adjudication.

Les personnes qui auront été admises à concourir devront faire, soit à la Caisse des dépôts et consignations, soit à la Recette genérale du département, le dépôt de garantie, qui devra être égal au moins au trentième de la dépense à faire par le concessionnaire.

L'adjudication aura lieu suivant les formes indiquées aux articles 11, 12, 13, 15 et 16 de l'ordonnance royale du 10 mai 1829.

Les soumissions ne pourront être inférieures à la mise à prix.

Le nouveau concessionnaire sera soumis aux clauses du présent cahier des charges, et substitué au concessionnaire évincé pour recevoir les subventions de toute nature à échoir aux termes de l'acte de concession; le concessionnaire évincé recevra de lui le prix que la nouvelle adjudication aura fixé.

La partie du cautionnement qui n'aura pas encore été restituée deviendra la propriété du *département*.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée sur les mêmes bases, après un délai de trois mois. Cette fois, les soumissions pourront être inférieures à la mise à prix. Si cette seconde tentative reste également sans résultats, le concessionnaire sera définitivement déchu de tous droits, et alors les ouvrages exécutés, les matériaux approvisionnés et les parties de chemins de fer déjà livrées à l'exploitation appartiendront au *département*.

Interruption de l'exploitation.

Art. 39. — Si l'exploitation du chemin de fer vient à être interrompue en totalité ou en partie, le préfet prendra immédiatement, aux frais et risques du concessionnaire, les mesures nécessaires pour assurer provisoirement le service.

Si, dans les trois mois de l'organisation du service provisoire, le concessionnaire n'a pas valablement justifié qu'il est en état de reprendre et de continuer l'exploitation, et s'il ne l'a pas effectivement reprise, la déchéance pourra être prononcée par le ministre des travaux publics. Cette déchéance prononcée, le chemin de fer et toutes ses dépendances seront mis en adjudication, et il sera procédé ainsi qu'il est dit à l'article précédent.

Cas de force majeure.

Art. 40. — Les dispositions des trois articles qui précèdent ne seraient pas applicables, et la décheance ne serait pas encourue, dans le cas où le concessionnaire n'aurait pu remplir ses obligations, par suite de circonstances de force majeure dûment constatées.

TITRE IV

TAXES ET CONDITIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES VOYAGEURS ET DES MARÇHANDISES

Tarif des droits à percevoir.

Art. 41. — Pour indemniser le concessionnaire des travaux et dépenses qu'il s'engage à faire par le présent cahier des charges, et sous la condition expresse qu'il en remplira exactement les obligations, il est autorisé à percevoir, pendant toute la durée de la concession, les droits de péage et les prix de transport ci-après déterminés :

1. Chiffres à fixer pour chaque concession ; les chiffres inscrits ci-dessus sont présentés à titre de renseignement utile à consulter, mais ils pourront être modifiés selon les circonstances locales, ainsi que les autres dispositions ci-après.

TARIF

1° PAR TÊTE ET PAR KILOMÈTRE

		PRIX de péage. (1)	PRIX de transport. (1)	PRIX TOTAUX (1)
	Grande vitesse.			
VOYAGEURS	Voitures couvertes, garnies et fermées à glaces (1re classe)	0f067	0f033	0f10
VOYAGEURS	Voitures couvertes, fermées à glaces et à banquettes rembourrées (2e classe)	0 050	0 025	0 075
VOYAGEURS	Voitures couvertes, fermées à vitres (3e classe)	0 037	0 018	0 055
ENFANTS	Au dessous de 3 ans, les enfants ne payent rien, à la condition d'être portés sur les genoux des personnes qui les accompagnent. De 3 à 7 ans, ils payent demi-place et ont droit à une place distincte; toutefois, dans un même compartiment, deux enfants ne pourront occuper que la place d'un voyageur. Au dessus de 7 ans, ils payent place entière.			
	Chiens transportés dans les trains de voyageurs. Sans que la perception puisse être inférieure à 0 fr. 30.	0 01	0 005	0 015
	Petite vitesse.			
	Bœufs, vaches, taureaux, chevaux, mulets, bêtes de trait	0 07	0 03	0 10
	Veaux et porcs	0 025	0 015	0 04
	Moutons, brebis, agneaux, chèvres	0 01	0 01	0 02
	Lorsque les animaux ci-dessus dénommés seront, sur la demande des expéditeurs, transportés à la vitesse des trains de voyageurs, les prix seront doublés.			

2° PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE

	Marchandises transportées à grande vitesse.			
	Huîtres, Poissons frais, Denrées, Excédents de bagages et marchandises de toutes classes transportées à la vitesse des trains de voyageurs	0 20	0 16	0 36
	Marchandises transportées à petite vitesse.			
1re CLASSE	Spiritueux, Huiles, Bois de menuiserie, de teinture et autres bois exotiques, Produits chimiques non dénommés, Œufs, Viande fraîche, Gibier, Sucre, Café, Drogues, Epiceries, Tissus, Denrées coloniales, Objets manufacturés, Armes	0 09	0 07	0 16

(1) Chiffres à fixer pour chaque concession; les chiffres inscrits ci-dessus sont présentés à titre de renseignement utile à consulter, mais ils pourront être modifiés selon les circonstances locales ainsi que les autres dispositions ci-après.

		PRIX de péage.	PRIX de transport.	PRIX TOTAUX
2e CLASSE	Blés, Grains, Farines, Légumes farineux, Riz, maïs, châtaignes et autres denrées alimentaires non dénommées, Chaux et plâtre, Charbon de bois, Bois à brûler, dit de corde, Perches, Chevrons, Planches, Madriers, Bois de charpente, Marbre en bloc, Albâtre, Bitume, Cotons, Laines, Vins, Vinaigres, Boissons, Bières, Levure sèche, Coke, Fers, Cuivres, Plomb et autres métaux ouvrés ou non, Fontes moulées.....	0f08	0f06	0f14
3e CLASSE	Pierres de taille et produits de carrières, Minerais autres que les minerais de fer, Fonte brute, Sel, Moellons, Meulières, Argiles, Briques, Ardoises.....	0 06	0 04	0 10
4e CLASSE	Houille, Marne, Cendres, Fumiers, Engrais, Pierres à chaux et à plâtre, Pavés et matériaux pour la construction et la réparation des routes, Minerais de fer, Cailloux et sables.....	0 05	0 03	0 08
	Tarif spécial pour wagon complet.			
	Marchandises des 1re, 2e, 3e et 4e classes.....	0 04	0 02	0 06
	Les foins, fourrages, pailles et toutes marchandises ne pesant pas six cents kilogrammes sous le volume d'un mètre cube, cinquante centimes (0 fr. 50) par wagon et par kilomètre.			
	3° VOITURES ET MATÉRIEL ROULANT TRANSPORTÉS A PETITE VITESSE			
	Par pièce et par kilomètre.			
	Wagon ou chariot pouvant porter de 3 à 6 tonnes.	0 09	0 06	0 15
	— — plus de 6 tonnes.	0 12	0 08	0 20
	Locomotive pesant de 12 à 18 tonnes (ne traînant pas de convoi).....	1 80	1 20	3 00
	Locomotive pesant 18 tonnes (ne traînant pas de convoi).....	2 25	1 50	3 75
	Tender de 7 à 10 tonnes.....	0 90	0 60	1 50
	Tender de plus de 10 tonnes.....	1 35	0 90	2 25
	Les machines locomotives seront considérées comme ne traînant pas de convoi, lorsque le convoi remorqué, soit de voyageurs, soit de marchandises, ne comportera pas un péage au moins égal à celui qui serait perçu sur la locomotive avec son tender marchant sans rien traîner.			
	Le prix à payer pour un wagon chargé ne pourra jamais être inférieur à celui qui serait dû pour un wagon marchant à vide.			
	Voitures à 2 ou 4 roues, à un fond et à une seule banquette dans l'intérieur.....	0 15	0 10	0 25
	Voitures à 4 roues, à deux fonds et à deux banquettes dans l'intérieur, omnibus, diligences, etc...	0 18	0 14	0 32
	Lorsque sur la demande des expéditeurs, les transports auront lieu à la vitesse des trains de voyageurs, les prix ci-dessus seront doublés.			

	PRIX		
	de péage.	de transport.	TOTAUX
Dans ce cas, deux personnes pourront, sans supplément de prix, voyager dans les voitures à une banquette, et trois dans les voitures à deux banquettes, omnibus, diligences, etc.; les voyageurs excédant ce nombre payeront le prix des places de deuxième classe.			
Voitures de déménagement à 2 ou 4 roues, à vide.	0f12	0f08	0f20
Ces voitures, lorsqu'elles seront chargées, payeront en sus du prix ci-dessus, par tonne de chargement et par kilomètre.....	0 08	0 06	0 14
4° SERVICE DES POMPES FUNÈBRES ET TRANSPORT DES CERCUEILS			
Grande vitesse.			
Une voiture des pompes funèbres, renfermant un ou plusieurs cercueils, sera transportée aux mêmes prix et conditions qu'une voiture à 4 roues, à deux fonds et à deux banquettes.....	0 36	0 28	0 64
Chaque cercueil confié à l'administration du chemin de fer sera transporté, par les trains ordinaires, dans un compartiment isolé, au prix de.....	0 18	0 12	0 30
Et pour les trains express, dans une voiture spéciale, au prix de.....	0 60	0 40	1 00

Les prix déterminés ci-dessus ne comprennent pas l'impôt dû à l'État.

Il est expressément entendu que les prix de transports ne seront dus au concessionnaire qu'autant qu'il effectuerait lui-même ces transports à ses frais et par ses propres moyens; dans le cas contraire, il n'aura droit qu'aux prix fixés pour le péage.

La perception aura lieu d'après le nombre de kilomètres parcourus. Tout kilomètre entamé sera payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Si la distance parcourue est inférieure à *six* kilomètres, elle sera comptée pour *six* kilomètres.

Le tableau des distances entre les diverses stations sera arrêté par le préfet d'après le procès-verbal de chaînage dressé contradictoirement par le concessionnaire et les ingénieurs du contrôle. Ce chaînage sera fait suivant la voie la plus courte, d'axe en axe des bâtiments des voyageurs des stations extrêmes. Les tarifs proposés d'après cette base seront soumis à l'homologation du préfet ou du ministre des travaux publics, suivant les distinctions résultant de l'article 5 de la loi du 11 juin 1880.

Le poids de la tonne est de 1 000 kilogrammes.

Les fractions de poids ne seront comptées, tant pour la grande que pour la petite vitesse, que par centième de tonne ou par 10 kilogrammes.

Ainsi, tout poids compris entre 0 et 10 kilogrammes payera comme 10 kilogrammes, entre 10 et 20 kilogrammes, comme 20 kilogrammes, etc.

Toutefois, pour les excédents de bagages et de marchandises à grande vitesse, les coupures seront établies : 1° de 0 à 5 kilogrammes; 2° au dessus de 5 jusqu'à

10 kilogrammes; 3° au dessus de 10 kilogrammes, par fraction indivisible de 10 kilogrammes.

Quelle que soit la distance parcourue, le prix d'une expédition quelconque soit en grande, soit en petite vitesse, ne pourra être inférieur à *40 centimes.*

Composition des trains.

Art. 42. — A moins d'une autorisation spéciale et révocable du préfet, tout train régulier de voyageurs devra contenir des voitures ou compartiments de toutes classes en nombre suffisant pour toutes les personnes qui se présenteraient dans les bureaux du chemin de fer.

Bagages.

Art. 43. — Tout voyageur dont le bagage ne pèsera pas plus de 30 kilogrammes, n'aura à payer, pour le port de ce bagage, aucun supplément du prix de sa place.

Cette franchise ne s'appliquera pas aux enfants transportés gratuitement, et elle sera réduite à 20 kilogrammes pour les enfants transportés à moitié prix.

Assimilation des classes de marchandises.

Art. 44. — Les animaux, denrées, marchandises, effets et autres objets non désignés dans le tarif seront rangés, pour les droits à percevoir, dans les classes avec lesquelles ils auront le plus d'analogie, sans que jamais, sauf les exceptions formulées aux articles 45 et 46 ci-après, aucune marchandise non dénommée puisse être soumise à une taxe supérieure à celle de la première classe du tarif ci-dessus.

Les assimilations de classes pourront être provisoirement réglées par le concessionnaire; elles seront immédiatement affichées et soumises à l'administration, qui prononcera définitivement.

Transport de masses indivisibles.

Art. 45. — Les droits de péage et les prix de transport déterminés au tarif ne sont point applicables à toute masse indivisible pesant plus de *trois mille kilogrammes* (3 000 k.).

Néanmoins, le concessionnaire ne pourra se refuser à transporter les masses indivisibles pesant de *trois mille* à *cinq mille kilogrammes*; mais les droits de péage et le prix de transport seront augmentés de moitié.

Le concessionnaire ne pourra être contraint à transporter les masses pesant plus de *cinq mille kilogrammes* (5 000 k.).

Si, nonobstant la disposition qui précède, le concessionnaire transporte des masses indivisibles pesant plus de *cinq mille kilogrammes*, il devra, pendant trois mois au moins, accorder les mêmes facilités à tous ceux qui en feraient la demande.

Dans ce cas, les prix de transport seront fixés par l'administration, sur la proposition du concessionnaire.

Exceptions. — Envoi par groupe.

ART. 46. — Les prix de transport déterminés au tarif ne sont point applicables :

1° Aux denrées et objets qui ne sont pas nommément énoncés dans le tarif et qui ne pèseraient pas deux cents kilogrammes sous le volume d'un mètre cube;

2° Aux matières inflammables ou explosibles, aux animaux et objets dangereux pour lesquels les règlements de police prescriraient des précautions spéciales;

3° Aux animaux dont la valeur déclarée excèderait 5 000 francs;

4° A l'or et à l'argent, soit en lingots, soit monnayés ou travaillés, au plaqué d'or ou d'argent, au mercure et au platine, ainsi qu'aux bijoux, dentelles, pierres précieuses, objets d'art et autres valeurs;

5° Et, en général, à tous paquets, colis ou excédents de bagages pesant isolément quarante kilogrammes et au dessous.

Toutefois, les prix de transport déterminés au tarif sont applicables à tous paquets ou colis, quoique emballés à part, s'ils font partie d'envois pesant ensemble plus de quarante kilogrammes d'objets envoyés par une même personne à une même personne. Il en sera de même pour les excédents de bagages qui pèseraient ensemble ou isolément plus de quarante kilogrammes.

Le bénéfice de la disposition énoncée dans le paragraphe précédent, en ce qui concerne les paquets ou colis, ne peut être invoqué par les entrepreneurs de messageries et de roulage et autres intermédiaires de transport, à moins que les articles par eux envoyés ne soient réunis en un seul colis.

Dans les cinq cas ci-dessus spécifiés, les prix de transport seront arrêtés annuellement par le préfet, tant pour la grande que pour la petite vitesse, sur la proposition du concessionnaire.

En ce qui concerne les paquets ou colis mentionnés au paragraphe 5 ci-dessus, les prix de transport devront être calculés de telle manière qu'en aucun cas un de ces paquets ou colis ne puisse payer un prix plus élevé qu'un article de même nature pesant plus de 40 kilogrammes.

Abaissement des tarifs.

ART. 47. — Dans le cas où le concessionnaire jugerait convenable, soit pour le parcours total, soit pour les parcours partiels de la voie de fer, d'abaisser, avec ou sans conditions, au dessous des limites déterminées par le tarif, les taxes qu'il est autorisé à percevoir, les taxes abaissées ne pourront être relevées qu'après un délai de trois mois au moins pour les voyageurs et d'un an pour les marchandises.

Toute modification de tarif proposée par le concessionnaire sera annoncée un mois d'avance par des affiches.

La perception des tarifs modifiés ne pourra avoir lieu qu'avec l'homologation du préfet ou du ministre des travaux publics suivant les distinctions établies par l'article 5 de la loi du 11 juin 1880 et conformément aux dispositions de l'ordonnance du 15 novembre 1846.

La perception des taxes devra se faire indistinctement et sans aucune faveur.

Tout traité particulier qui aurait pour effet d'accorder à un ou plusieurs expéditeurs une réduction sur les tarifs approuvés demeure formellement interdit.

Toutefois, cette disposition n'est pas applicable aux traités qui pourraient intervenir entre le Gouvernement et le concessionnaire dans l'intérêt des services publics, ni aux réductions ou remises qui seraient accordées par le concessionnaire aux indigents.

En cas d'abaissement des tarifs, la réduction portera proportionnellement sur le péage et le transport.

Délais d'expédition.

Art. 48. — Le concessionnaire sera tenu d'effectuer constamment avec soin, exactitude et célérité, et sans tour de faveur, le transport des voyageurs, bestiaux, denrées, marchandises et objets quelconques qui lui seront confiés.

Les colis, bestiaux et objets quelconques seront inscrits à la gare d'où ils partent et à la gare où ils arrivent, sur des registres spéciaux, au fur et à mesure de leur réception ; mention sera faite, sur le registre de la gare de départ, du prix total dû pour le transport.

Pour les marchandises ayant une même destination, les expéditions auront lieu suivant l'ordre de leur inscription à la gare de départ.

Toute expédition de marchandises sera constatée, si l'expéditeur le demande, par une lettre de voiture, dont un exemplaire restera aux mains du concessionnaire et l'autre aux mains de l'expéditeur. Dans le cas où l'expéditeur ne demanderait pas de lettre de voiture, le concessionnaire sera tenu de lui délivrer un récépissé qui énoncera la nature et le poids du colis, le prix total du transport et le délai dans lequel ce transport devra être effectué.

Délais de livraison.

Art. 49. — Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques sont expédiés et livrés de gare en gare, dans les délais résultant des conditions ci-après exprimées :

1° Les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques, à grande vitesse, seront expédiés par le premier train de voyageurs comprenant des voitures de toutes classes correspondant avec leur destination, pourvu qu'ils aient été présentés à l'enregistrement trois heures avant le départ de ce train.

Ils seront mis à la disposition des destinataires, à la gare, dans le délai de deux heures après l'arrivée du même train.

2° Les animaux, denrées, marchandise set objets quelconques, à petite vitesse, seront expédiés dans le jour qui suivra celui de la remise.

Le maximum de durée du trajet sera fixé par le préfet sur la proposition du concessionnaire.

Les colis seront mis à la disposition des destinataires dans le jour qui suivra celui de leur arrivée en gare.

Le délai total résultant des trois paragraphes ci-dessus sera seul obligatoire pour la Compagnie.

Il pourra être établi un tarif réduit, approuvé par le *préfet*, pour tout expéditeur qui acceptera des délais plus longs que ceux déterminés ci-dessus pour la petite vitesse.

Pour le transport des marchandises, il pourra être établi, sur la proposition du concessionnaire, un délai moyen entre ceux de la grande et de la petite vitesse. Le prix correspondant à ce délai sera un prix intermédiaire entre ceux de la grande et de la petite vitesse.

Le préfet déterminera, par des règlements spéciaux, les heures d'ouverture et de fermeture des gares et stations, tant en hiver qu'en été, ainsi que les dispositions relatives aux denrées apportées par les trains de nuit et destinées à l'approvisionnement des marchés des villes.

Lorsque la marchandise devra passer d'une ligne sur une autre sans solution de continuité, les délais de livraison et d'expédition au point de jonction seront fixés par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Frais accessoires.

ART. 50. — Les frais accessoires non mentionnés dans les tarifs, tels que ceux d'enregistrement, de chargement, de déchargement et de magasinage dans les gares et magasins du chemin de fer, seront fixés annuellement par le préfet, sur la proposition du concessionnaire. Il en sera de même des frais de transbordement qui seront faits dans les gares de raccordement de la ligne concédée avec une ligne présentant une largeur de voie différente.

Camionnage.

ART. 51. — Le concessionnaire sera tenu de faire, soit par lui-même, soit par un intermédiaire dont il répondra, le factage et le camionnage, pour la remise au domicile des destinataires, de toutes les marchandises qui lui sont confiées.

Le factage et le camionnage ne seront point obligatoires en dehors du rayon de l'octroi, non plus que pour les gares qui desserviraient, soit une population agglomérée de moins de cinq mille habitants, soit un centre de population de cinq mille habitants, situé à plus de cinq kilomètres de la gare du chemin de fer.

Les tarifs à percevoir seront fixés par le préfet, sur la proposition du concessionnaire. Ils seront applicables à tout le monde sans distinction.

Toutefois, les expéditeurs et destinataires resteront libres de faire eux-mêmes et à leurs frais le factage et le camionnage des marchandises.

Traités particuliers.

ART. 52. — A moins d'une autorisation spéciale du préfet, il est interdit au concessionnaire, conformément à l'article 14 de la loi du 15 juillet 1845, de faire directement ou indirectement avec des entreprises de transport de voyageurs ou de marchandises, par terre ou par eau, sous quelque dénomination ou forme que ce puisse être, des arrangements qui ne seraient pas consentis en faveur de toutes les entreprises desservant les mêmes voies de communication.

Le préfet, agissant en vertu de l'article 50 de l'ordonnance du 14 novembre 1846, prescrira les mesures à prendre pour assurer la plus complète égalité entre les diverses entreprises de transport dans leurs rapports avec le chemin de fer.

TITRE V

STIPULATIONS RELATIVES A DIVERS SERVICES PUBLICS

Fonctionnaires ou agents du contrôle et de la surveillance.

ART. 53. — Les fonctionnaires ou agents chargés de l'inspection, du contrôle et de la surveillance du chemin de fer sont transportés gratuitement dans les voitures de voyageurs.

La même faculté sera accordée aux agents des contributions indirectes et des douanes chargés de la surveillance du chemin de fer dans l'intérêt de la perception de l'impôt.

Militaires et marins.

ART. 54. — Dans le cas où le Gouvernement aurait besoin de diriger des troupes et un matériel militaire ou naval sur l'un des points desservis par le chemin de fer, le concessionnaire sera tenu de mettre immédiatement à sa disposition tous ses moyens de transport.

Le prix du transport qui sera opéré dans ces conditions, ainsi que le prix du transport des militaires ou marins voyageant, soit en corps, soit isolément, pour cause de service, envoyés en congé limité ou en permission ou rentrant dans leurs foyers après libération, sera payé conformément aux tarifs homologués

Dans le cas où l'État s'engagerait à fournir une subvention par annuités au concessionnaire, le prix de ces transports sera fixé à la moitié des mêmes tarifs.

Transport des prisonniers.

ART. 55. — Le concessionnaire sera tenu, à toute réquisition, de mettre à la disposition de l'administration un ou plusieurs compartiments de 2e classe, à deux banquettes, ou un espace équivalent pour le transport des prévenus, accusés ou condamnés, et de leurs gardiens.

Il en sera de même pour le transport des jeunes délinquants recueillis par l'administration pour être transférés dans des établissements d'éducation.

L'administration pourra, en outre, requérir l'introduction, dans les convois ordinaires, de voitures cellulaires lui appartenant, à condition que les dimensions et le poids à pleine charge ne dépassent pas ceux du modèle le plus grand et le plus lourd qui sera affecté au service régulier du chemin de fer.

Le prix de ces transports sera réglé dans les conditions indiquées à l'article précédent.

Service des postes et télégraphes.

ART. 56. — Le concessionnaire sera tenu de réserver, dans chacun des trains circulant aux heures ordinaires de l'exploitation, un compartiment spécial de la 2e classe ou un espace équivalent, pour recevoir les lettres, les dépêches, ainsi que

les agents du service des postes. L'espace réservé devra être fermé, éclairé et situé à l'étage inférieur des voitures.

L'administration des postes aura le droit de fixer à une voiture déterminée de chaque convoi une boîte aux lettres dont elle fera opérer la pose et la levée par ses agents.

Elle pourra installer à ses frais, risques et périls, et sous sa responsabilité, des appareils spéciaux pour l'échange des dépêches, sans arrêt des trains.

L'administration des postes pourra aussi : 1° requérir un second compartiment dans les conditions indiquées au paragraphe premier; 2° requérir l'introduction de voitures spéciales lui appartenant dans les convois ordinaires du chemin de fer, à condition que les dimensions et le poids par essieu de ces voitures ne dépassent pas les dimensions et le poids à pleine charge du modèle le plus grand et le plus lourd qui sera affecté au service régulier du chemin de fer.

Les prix des transports qui pourront être requis dans les conditions ci-dessus seront payés par l'administration des postes conformément aux tarifs homologués, sauf dans le cas où l'État se serait engagé à fournir au concessionnaire une subvention par annuités. Dans ce cas, la mise à la disposition du service des postes d'un compartiment, en conformité du paragraphe premier du présent article, sera effectuée gratuitement. Le prix de tous autres transports faits par le concessionnaire sur la réquisition de l'administration des postes est, dès à présent, fixé à la moitié des tarifs homologués.

Les agents des postes et télégraphes en service ne seront également assujettis qu'à la moitié de la taxe, dans le cas où la ligne serait subventionnée par le Trésor.

Dans le même cas, les matériaux nécessaires à l'établissement ou à l'entretien des lignes télégraphiques seront transportés à moitié prix des tarifs homologués.

L'administration des postes pourra enfin exiger, le concessionnaire et le département entendus, et après s'être mis d'accord avec le ministre des travaux publics, qu'un train spécial dans chaque sens soit ajouté au service ordinaire. Dans ce cas, que le chemin de fer soit subventionné ou non, le montant intégral des dépenses supplémentaires de toute nature que ce service spécial aura imposées au concessionnaire, déduction faite des produits qu'il aura pu en retirer, lui sera payé par l'administration des postes suivant le règlement qui en sera fait de gré à gré ou par deux arbitres. En cas de désaccord des arbitres un tiers-arbitre sera désigné par le conseil de préfecture.

Les employés chargés de la surveillance du service des postes, les agents préposés à l'échange ou à l'entrepôt des dépêches et à la levée auront accès dans les gares ou stations pour l'exécution de leur service, en se conformant aux règlements de police intérieure du chemin de fer.

Si le service des postes exige des bureaux de dépêches dans les gares et stations, le concessionnaire sera tenu de lui fournir l'emplacement nécessaire; cet emplacement sera déterminé sous l'approbation du ministre des travaux publics. L'administration des postes en payera le loyer dans le cas où le chemin de fer ne serait pas subventionné par l'État.

Lorsque le concessionnaire voudra changer les heures de départ des convois

ordinaires, il sera tenu, dans tous les cas, d'avertir l'administration des postes quinze jours à l'avance.

Lignes télégraphiques.

Art. 57. — Le concessionnaire sera tenu d'établir à ses frais, s'il en est requis par le ministre des travaux publics, les lignes et appareils télégraphiques destinés à transmettre les signaux nécessaires pour la sûreté et la régularité de son exploitation. Il devra, toutefois, avant l'établissement des lignes, se pourvoir de l'autorisation du ministre des postes et des télégraphes.

Il pourra, avec l'autorisation du ministre des postes et des télégraphes, se servir des poteaux de la ligne télégraphique de l'État, sur les points où une ligne semblable existe le long de la voie; il ne pourra s'opposer à ce que l'État se serve des poteaux qu'il aura établis, afin d'y accrocher ses propres fils.

Le concessionnaire est tenu de se soumettre à tous les règlements d'administration publique concernant l'établissement et l'emploi des appareils télégraphiques, ainsi que l'organisation à ses frais du contrôle de ce service par les agents de l'État.

Les agents des postes et des télégraphes, voyageant pour le contrôle du service de la ligne électrique du chemin de fer ou du service postal exécuté sur cette ligne, auront le droit de circuler gratuitement dans les voitures du concessionnaire, sur le vu de cartes personnelles qui leur seront délivrées.

Dans le cas où l'État s'engagerait à fournir au concessionnaire une subvention par annuités, la même gratuité s'appliquerait aux agents voyageant pour la construction ou l'entretien des lignes télégraphiques établies le long de la voie ferrée.

Le Gouvernement aura la faculté de faire le long des voies toutes les constructions, de poser tous les appareils nécessaires à l'établissement d'une ou de plusieurs lignes télégraphiques, sans nuire au service du chemin de fer. Il pourra aussi déposer sur les terrains dépendant du chemin de fer le matériel nécessaire à ces lignes; mais il devra le retirer dans le cas où il serait reconnu, par le préfet, que le concessionnaire a besoin de ces terrains pour le service du chemin de fer.

Sur la demande du ministre des postes et des télégraphes, il sera réservé, dans les gares des villes et des localités qui seront désignées ultérieurement, le terrain nécessaire à l'établissement des maisonnettes destinées à recevoir le bureau télégraphique et son matériel.

Le concessionnaire sera tenu de faire garder par ses agents ordinaires les fils des lignes télégraphiques, de donner aux employés des télégraphes connaissance de tous les accidents qui pourraient survenir et de leur en faire connaître les causes.

En cas de rupture de fils télégraphiques, les employés du concessionnaire auront à raccorder provisoirement les bouts séparés, d'après les instructions qui leur seront données à cet effet.

En cas de rupture de fils télégraphiques ou d'accidents graves, une locomotive sera mise immédiatement à la disposition de l'inspecteur-ingénieur de la ligne télégraphique, pour le transporter sur le lieu de l'accident avec les hommes et les matériaux nécessaires à la réparation. Ce transport devra être effectué dans des conditions telles qu'il ne puisse entraver en rien la circulation publique.

Il sera alloué au concessionnaire une indemnité de cinquante centimes par kilomètre parcouru par la machine, quand le dommage ne proviendra pas du fait du concessionnaire ou de ses agents.

Dans le cas où des déplacements de fils, appareils ou poteaux deviendraient nécessaires par suite de travaux exécutés sur le chemin, ces déplacements auraient lieu, aux frais du concessionnaire, par les soins de l'administration des lignes télégraphiques.

Le concessionnaire ne pourra se refuser à recevoir et à transmettre les télégrammes officiels par ses fils et appareils, et dans des conditions qui seront déterminées par le ministre des postes et des télégraphes.

Dans le cas où le ministre des postes et des télégraphes jugera utile d'ouvrir au service privé certaines gares de la ligne, il devra s'entendre avec le concessionnaire pour régler les conditions et le prix de ce service.

Les fonctionnaires, agents et ouvriers commissionnés, chargés de la construction, de la surveillance et de l'entretien des lignes télégraphiques ont accès dans les gares et stations et sur la voie ferrée et ses dépendances, pour l'exécution de leur service, en se conformant aux règlements de police intérieure.

TITRE VI

CLAUSES DIVERSES

Construction de nouvelles voies de communication.

Art. 58. — Dans le cas où le Gouvernement, le département ou les communes ordonneraient ou autoriseraient la construction de routes nationales, départementales ou vicinales, de chemins de fer ou de canaux qui traverseraient la ligne objet de la présente concession, le concessionnaire ne pourra s'opposer à ces travaux, mais toutes les dispositions nécessaires seront prises pour qu'il n'en résulte aucun obstacle à la construction ou au service du chemin de fer, ni aucuns frais pour le concessionnaire.

Concessions ultérieures de nouvelles lignes.

Art. 59. — Toute exécution ou autorisation ultérieure de route, de canal, de chemin de fer, de travaux de navigation dans la contrée où est situé le chemin de fer objet de la présente concession, ou dans toute autre contrée voisine ou éloignée, ne pourra donner ouverture à aucune demande d'indemnité de la part du concessionnaire.

Concessions de chemins de fer d'embranchement et de prolongement.

Art. 60. — Le Gouvernement, le département et les communes auront le droit de concéder de nouveaux chemins de fer s'embranchant sur le chemin qui fait l'objet du présent cahier des charges, ou qui seraient établis en prolongement du même chemin.

Le concessionnaire ne pourra mettre aucun obstacle à ces embranchements, ni réclamer, à l'occasion de leur établissement, une indemnité quelconque, pourvu

qu'il n'en résulte aucun obstacle à la circulation ni aucun frais particulier pour le concessionnaire.

Les concessionnaires de chemins de fer d'embranchement ou de prolongement auront la faculté, moyennant les tarifs ci-dessus déterminés et l'observation du paragraphe 1er de l'article 31, ainsi que des règlements de police et de service établis ou à établir, de faire circuler leurs voitures, wagons et machines sur le chemin de fer objet de la présente concession, pour lequel cette faculté sera réciproque à l'égard desdits embranchements et prolongements.

Dans ce cas, lesdits concessionnaires ne payeront le prix du péage que pour le nombre de kilomètres réellement parcourus, un kilomètre entamé étant d'ailleurs considéré comme parcouru.

Dans le cas où les divers concessionnaires ne pourraient s'entendre sur l'exercice de cette faculté, le ministre des travaux publics statuerait sur les difficultés qui s'élèveraient entre eux à cet égard.

Le concessionnaire ne pourra toutefois être tenu à admettre sur ses rails un matériel dont le poids serait hors de proportion avec les éléments constitutifs de ses voies.

Dans le cas où un concessionnaire d'embranchement ou de prolongement joignant la ligne qui fait l'objet de la présente concession n'userait pas de la faculté de circuler sur cette ligne, comme aussi dans le cas où le concessionnaire de cette dernière ligne ne voudrait pas circuler sur les prolongements et embranchements, les concessionnaires seraient tenus de s'arranger entre eux de manière que le service de transport ne soit jamais interrompu aux points de jonction des diverses lignes.

Celui des concessionnaires qui se servira d'un matériel qui ne serait pas sa propriété payera une indemnité en rapport avec l'usage et la détérioration de ce matériel. Dans le cas où les concessionnaires ne se mettraient pas d'accord sur la quotité de l'indemnité ou sur les moyens d'assurer la continuation du service sur toutes les lignes, l'administration y pourvoirait d'office et prescrirait toutes les mesures nécessaires.

Gares communes.

Le concessionnaire sera tenu, si l'autorité compétente le juge convenable, de partager l'usage des stations établies à l'origine des chemins de fer d'embranchement avec les Compagnies qui deviendraient ultérieurement concessionnaires desdits chemins.

Il sera fait un partage équitable des frais communs résultant de l'usage desdites gares, et les redevances à payer par les Compagnies nouvelles seront, en cas de dissentiment, réglées par voie d'arbitrage.

En cas de désaccord sur le principe ou l'exercice de l'usage commun des gares, il sera statué, le concessionnaire entendu, savoir :

Par le préfet, si les deux chemins sont d'intérêt local et situés dans le même département ;

Par le ministre, si les deux lignes ne sont pas situées dans le même département, ou si l'un des deux chemins est d'intérêt général.

Embranchements industriels.

ART. 61. — Le concessionnaire sera tenu de s'entendre avec tout propriétaire de mines ou d'usines qui, offrant de se soumettre aux conditions prescrites ci-après, demanderait un embranchement; à défaut d'accord, le préfet statuera sur la demande, le concessionnaire entendu.

Les embranchements seront construits aux frais des propriétaires de mines et d'usines, et de manière qu'il ne résulte de leur établissement aucune entrave à la circulation générale, aucune cause d'avarie pour le matériel, ni aucuns frais particuliers pour la Compagnie.

Leur entretien devra être fait avec soin et aux frais de leurs propriétaires, et sous le contrôle du préfet. Le concessionnaire aura le droit de faire surveiller par ses agents cet entretien, ainsi que l'emploi de son matériel sur les embranchements.

Le préfet pourra, à toutes époques, prescrire les modifications qui seraient jugées utiles dans la soudure, le tracé ou l'établissement de la voie desdits embranchements, et les changements seront opérés aux frais des propriétaires.

Le préfet pourra même, après avoir entendu les propriétaires, ordonner l'enlèvement temporaire des aiguilles de soudure, dans le cas où les établissements embranchés viendraient à suspendre en tout ou en partie leurs transports.

Le concessionnaire sera tenu d'envoyer ses wagons sur tous les embranchements autorisés, destinés à faire communiquer des établissements de mines ou d'usines avec la ligne principale du chemin de fer.

Le concessionnaire amènera ses wagons à l'entrée des embranchements.

Les expéditeurs ou destinataires feront conduire les wagons dans leurs établissements pour les charger ou décharger, et les ramèneront au point de jonction avec la ligne principale, le tout à leurs frais.

Les wagons ne pourront d'ailleurs être employés qu'au transport d'objets et marchandises destinés à la ligne principale du chemin de fer.

Le temps pendant lequel les wagons séjourneront sur les embranchements particuliers ne pourra excéder six heures lorsque l'embranchement n'aura pas plus d'un kilomètre. Ce temps sera augmenté d'une demi-heure par kilomètre en sus du premier, non compris les heures de la nuit, depuis le coucher jusqu'au lever du soleil

Dans le cas où les limites de temps seraient dépassées, nonobstant l'avertissement spécial donné par le concessionnaire, il pourra exiger une indemnité égale à la valeur du droit de loyer des wagons, pour chaque période de retard après l'avertissement.

Les traitements des gardiens d'aiguilles et des barrières des embranchements autorisés par le préfet seront à la charge des propriétaires des embranchements. Ces gardiens seront nommés et payés par le concessionnaire et les frais qui en résulteront lui seront remboursés par lesdits propriétaires.

En cas de difficulté, il sera statué par l'administration, le concessionnaire entendu.

Les propriétaires d'embranchements seront responsables des avaries que le matériel roulant pourrait éprouver pendant son parcours ou son séjour sur ces lignes.

Dans le cas d'inexécution d'une ou plusieurs des conditions énoncées ci-dessus, le préfet pourra, sur la plainte du concessionnaire et après avoir entendu le propriétaire de l'embranchement, ordonner par un arrêté la suspension du service et faire supprimer la soudure, sauf recours à l'administration supérieure, et sans préjudice de tous dommages-intérêts que le concessionnaire serait en droit de répéter pour la non exécution de ces conditions.

Tarifs à percevoir pour le matériel prêté.

Pour indemniser le concessionnaire de la fourniture et de l'envoi de son matériel sur les embranchements, il est autorisé à percevoir un prix fixe de *douze centimes* (0f 12) par tonne pour le premier kilomètre et, en outre, *quatre centimes* (0f 04) par tonne et par kilomètre en sus du premier, lorsque la longueur de l'embranchement excèdera un kilomètre.

Tout kilomètre entamé sera payé comme s'il avait été parcouru en entier.

Le chargement et le déchargement sur les embranchements s'opèreront aux frais des expéditeurs ou destinataires, soit qu'ils les fassent eux-mêmes, soit que la Compagnie du chemin de fer consente à les opérer.

Dans ce dernier cas, ces frais seront l'objet d'un règlement arrêté par le préfet, sur la proposition du concessionnaire.

Tout wagon envoyé par le concessionnaire sur un embranchement devra être payé comme wagon complet, lors même qu'il ne serait pas complètement chargé.

La surcharge, s'il y en a, sera payée au prix du tarif légal et au prorata du poids réel. Le concessionnaire sera en droit de refuser les chargements qui dépasseraient le maximum de *trois mille cinq cents kilogrammes* déterminé en raison des dimensions actuelles des wagons.

Le maximum sera revisé par le préfet, de manière à être toujours en rapport avec la capacité des wagons.

Les wagons seront pesés à la station d'arrivée par les soins et aux frais du concessionnaire.

Contribution foncière.

Art. 62. — La contribution foncière sera établie en raison de la surface des terrains occupés par le chemin de fer et ses dépendances; la cote en sera calculée comme pour les canaux, conformément à la loi du 25 avril 1803.

Les bâtiments et magasins dépendant de l'exploitation du chemin de fer seront assimilés aux propriétés bâties de la localité. Toutes les contributions auxquelles ces édifices pourront être soumis seront, aussi bien que la contribution foncière, à la charge du concessionnaire.

Agents du concessionnaire.

Art. 63. — Les agents et gardes que le concessionnaire établira, soit pour la réception des droits, soit pour la surveillance et la police du chemin de fer et de ses dépendances, pourront être assermentés et seront, dans ce cas, assimilés aux gardes champêtres.

Inspecteurs spéciaux.

ART. 64. — Il pourra être institué près du concessionnaire un ou plusieurs commissaires chargés d'exercer une surveillance spéciale sur tout ce qui ne rentre pas dans les attributions des agents du contrôle.

Frais de contrôle.

ART. 65. — Les frais de visite, de surveillance et de réception des travaux et les frais de contrôle de l'exploitation seront supportés par le concessionnaire.

Afin de pourvoir à ces frais, le concessionnaire sera tenu de verser chaque année, à la caisse centrale du trésorier-payeur général du département, une somme de fr. par chaque kilomètre de chemin de fer concédé[1].

Si le concessionnaire ne verse pas la somme ci-dessus réglée aux époques qui auront été fixées, le préfet rendra un rôle exécutoire, et le montant en sera recouvré, comme en matière de contributions directes, au profit du *département*.

Cautionnement.

ART. 66. — Avant la signature de l'acte de concession, le concessionnaire déposera à la Caisse des dépôts et consignations une somme de en numéraire ou en rentes sur l'État calculées conformément au décret du 31 janvier 1872, ou en bons du Trésor, avec transfert, au profit de ladite Caisse, de celles de ces valeurs qui seraient nominatives ou à ordre.

Cette somme formera le cautionnement de l'entreprise.

Les *quatre cinquièmes* en seront rendus au concessionnaire par *cinquième* et proportionnellement à l'avancement des travaux. Le dernier *cinquième* ne sera remboursé qu'après l'expiration de la concession.

Élection de domicile.

ART. 67. — Le concessionnaire devra faire élection de domicile à

Dans le cas où il ne l'aurait pas fait, toute notification ou signification à lui adressée sera valable lorsqu'elle sera faite au secrétariat général de la préfecture de

Jugement des contestations.

ART. 68. — Les contestations qui s'élèveraient entre le concessionnaire et l'administration, au sujet de l'exécution et de l'interprétation des clauses du présent cahier des charges, seront jugées administrativement par le conseil de préfecture du département de , sauf recours au Conseil d'État.

Frais d'enregistrement.

ART. 69. — Les frais d'enregistrement du présent cahier des charges et de la convention ci-annexée seront supportés par le concessionnaire.

1. Les frais de contrôle ont été fixés, dans plusieurs concessions déjà données, à la somme de cinquante francs (50 fr.) par kilomètre, payables à compter de la date du décret de concession, tant pour la période de construction que pour la période d'exploitation.

CAHIER DES CHARGES TYPE

POUR LA CONCESSION DES TRAMWAYS

DÉCRET

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics;

Vu l'article 30 de la loi du 11 juin 1880, aux termes duquel un cahier des charges type pour la concession des tramways doit être approuvé par le Conseil d'État;

Vu l'instruction à laquelle a donné lieu la préparation de ce cahier des charges type, notamment les avis du Conseil général des Ponts et Chaussées, en date des 20 janvier et 7 juillet 1881;

Le Conseil d'État entendu,

DÉCRÈTE :

ARTICLE 1er. — Est approuvé le cahier des charges type ci-annexé, dressé en exécution de l'article 30 de la loi du 11 juin 1880 pour la concession des tramways.

ART. 2. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 6 août 1881.

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,

SADI CARNOT.

CAHIER DES CHARGES TYPE[1]

TITRE PREMIER

TRACÉ ET CONSTRUCTION

Objet de la concession.

ARTICLE 1er. — Le réseau[2] de tramways qui fait l'objet du présent cahier des charges est destiné au transport *des voyageurs et des marchandises*[3].

La traction aura lieu par *chevaux*[4].

Tracé.

ART. 2. — Ce réseau comprendra les lignes suivantes[5] et empruntera les voies publiques ci-après désignées[6].

Délais d'exécution.

ART. 3. — Les projets d'exécution seront présentés dans un délai de à partir de la date du décret déclaratif d'utilité publique.

Les travaux devront être commencés dans un délai de , à partir de la même date. Ils seront poursuivis et terminés de telle façon que *la section de à* soit livrée à l'exploitation le , *la section de à* le et *réseau entier* le .

1. La présente formule type du cahier des charges est rédigée dans l'hypothèse d'une concession conférée par l'*État* à un *département*. Ces mots seront modifiés partout où ils sont imprimés en *lettres italiques*, suivant que l'on se trouvera dans l'un ou l'autre des cas prévus par les articles 27 et 28 de la loi du 11 juin 1880.
On a aussi imprimé en *italiques* les autres mots et chiffres qui peuvent être modifiés suivant les circonstances.
2. Ou la ligne.
3. Ou au service exclusif des voyageurs.
4. Ou par locomotives à vapeur ou par moteur mécanique de tout autre système.
5. Ou la ligne partira de .
6. Indiquer les déviations, s'il y a lieu.

Largeur de la voie. — Gabarit du matériel roulant.

ART. 4. — La largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails devra être de[1] .

La largeur des locomotives et des caisses des véhicules, ainsi que de leur chargement, ne dépassera pas[2] et la largeur du matériel roulant, y compris toutes saillies, notamment celle des marchepieds latéraux, restera inférieure à[3] ; la hauteur du matériel roulant sera au plus de[4] .

Dans les parties à deux voies, la largeur de l'entrevoie, mesurée entre les bords extérieurs des rails, sera de[5].

Alignements et courbes. — Pentes et rampes.

ART. 5. — Les alignements seront raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne pourra être inférieur à[6] . Le maximum des déclivités est fixé à[7] .

Les déclivités correspondant aux courbes de faible rayon devront être réduites autant que faire se pourra.

Le concessionnaire aura la faculté, dans des cas exceptionnels, de proposer aux dispositions du présent article les modifications qui lui paraîtraient utiles, mais ces modifications ne pourront être executées que moyennant l'approbation préalable du préfet.

Établissement de la voie ferrée. — Parties accessibles aux voitures ordinaires.

ART. 6. — Dans les sections où le tramway sera établi dans la chaussée, avec rails noyés, les voies de fer seront posées au niveau du sol, sans saillie ni dépression, suivant le profil normal de la voie publique, et sans aucune altération de ce profil, soit dans le sens transversal, soit dans le sens longitudinal, à moins d'une autorisation spéciale du préfet. Les rails seront compris dans un *pavage*[8] de vingt centimètres (0m20) d'épaisseur, qui règnera dans l'entre-rails, et à cinquante centi-

1. De 1m44 pour les tramways à voie large, de 1 mètre ou de 0m75 pour les tramways à voie étroite.

2. Largeur à déterminer dans chaque cas particulier :

	Voie de 1m44	Voie de 1m00	Voie de 0m75.
Maximum admissible.....	2m80	2m50	1m875
3. Maximum admissible.....	3m10	2m80	2m175

4. 4m20 au plus pour la voie de 1m44. Hauteur à déterminer dans chaque cas particulier pour les autres voies.

5. La largeur de l'entrevoie sera réglée de telle façon qu'entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent, il y ait un intervalle libre d'au moins cinquante centimètres (0m50).

6. En général, 40 mètres pour le cas de voies ferrées exploitées au moyen de locomotives, et 20 mètres pour les lignes à traction de chevaux.

7. En général, 40 millièmes.

8. Ou dans un *empierrement*, suivant la nature, la fréquentation de la chaussée dont il s'agit, sa situation en rase campagne ou en traverse, etc.

mètres (0m 50) au moins de chaque côté, conformément aux dispositions prescrites par le préfet, sur la proposition du concessionnaire, qui restera chargé d'établir à ses frais ce *pavage*.

La chaussée *pavée*[1] de la voie publique sera d'ailleurs conservée ou établie avec des dimensions telles qu'en dehors de l'espace occupé par le matériel du tramway (toutes saillies comprises), il reste une largeur libre de chaussée d'au moins deux mètres soixante centimètres (2m 60), permettant à une voiture ordinaire de se ranger pour laisser passer le matériel du tramway avec le jeu nécessaire.

Un intervalle libre d'au moins un mètre dix centimètres (1m 10) de largeur sera réservé, d'autre part, entre le matériel de la voie ferrée (toutes saillies comprises) et la verticale de l'arête extérieure de la plate-forme de la voie publique.

Établissement de la voie ferrée. — Parties non accessibles aux voitures ordinaires.

Art. 7. — Si la voie ferrée est établie sur un accotement qui, tout en restant accessible aux piétons, sera interdit aux voitures ordinaires, elle reposera sur une couche de ballast exclusivement composé de *pierre cassée*[2] de de largeur[3] et d'au moins trente-cinq centimètres (0m 35) d'épaisseur totale, qui sera arasée de niveau avec la surface de l'accotement relevé en forme de trottoir.

La partie de la voie publique qui restera réservée à la circulation des voitures ordinaires présentera une largeur d'au moins *six mètres*[4] mesurée en dehors de l'accotement occupé par la voie ferrée et en dehors des emplacements qui seront affectés au dépôt des matériaux d'entretien de la route.

L'accotement occupé par la voie ferrée sera limité, du côté de la route, au moyen d'une bordure d'au moins douze centimètres (0m 12) de saillie, d'une solidité suffisante; dans les parties de routes et de chemins dont la déclivité dépassera trois centimètres par mètre (0m 03), cette bordure sera accompagnée et soutenue par un demi-caniveau pavé qui n'aura pas moins de trente centimètres (0m 30) de largeur. Un intervalle libre de trente centimètres (0m 30) au moins sera réservé entre la verticale de l'arête de cette bordure et la partie la plus saillante du matériel de la voie ferrée; un autre intervalle libre d'un mètre dix centimètres (1m 10) subsistera entre ce matériel et la verticale de l'arête extérieure de l'accotement de la route.

Les rails, qui à l'extérieur seront au niveau de l'accotement régularisé, ne formeront sur l'entre-rails que la saillie nécessaire pour le passage des boudins des roues du matériel de la voie ferrée.

Traverses des villes et villages.

Art. 8. — Dans les traverses des villes et des villages, les voies ferrées devront, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, être établies avec rails noyés dans la

1. Ou *empierrée*.
2. Ou de *gravier*, suivant la nature, la fréquentation de la chaussée dont il s'agit, sa situation en rase campagne ou en traverse, etc.
3. Largeur égale à la largeur de la voie augmentée d'au moins de 0m 80.
4. Six mètres sont le minimum admissible pour une route nationale.

chaussée entre les deux trottoirs ou du moins entre les deux zones à réserver pour l'établissement de trottoirs, et suivant le type décrit à l'article 6.

Le minimum des largeurs à réserver est fixé d'après les cotes suivantes :

(A) Pour un trottoir, un mètre dix centimètres (1m 10).

(B) Entre le matériel de la voie ferrée (partie la plus saillante) et le bord d'un trottoir :

1° Quand on réserve le stationnement des voitures ordinaires, deux mètres soixante centimètres (2m 60);

2° Quand on supprime ce stationnement, trente centimètres (0m 30).

Exécution des travaux.

Art. 9. — Le déchet résultant de la démolition et du rétablissement des chaussées sera couvert par des fournitures de matériaux neufs de la nature et de la qualité de ceux qui sont employés dans lesdites chaussées.

Pour le rétablissement des chaussées pavées au moment de la pose de la voie ferrée, il sera fourni, en outre, la quantité de boutisses nécessaire afin d'opérer ce rétablissement suivant les règles de l'art, en évitant l'emploi des demi-pavés.

Les vieux matériaux provenant des anciennes chaussées remaniées ou refaites à neuf qui n'auront pas trouvé leur emploi dans la réfection seront laissés à la libre disposition du concessionnaire.

Les fers, bois et autres éléments constitutifs des voies ferrées devront être de bonne qualité et propres à remplir leur destination.

Voies.

Art. 10. — Les voies devront être établies d'une manière solide et avec des matériaux de bonne qualité.

Les rails seront en et du poids de kilogrammes au moins par mètre courant; ils seront posés sur [1]

Gares et stations.

Art. 11[2]. — Les voitures devront s'arrêter en pleine voie pour prendre ou laisser des voyageurs *et des marchandises* sur tous les points du parcours, sauf sur les sections ci-dessous indiquées :

.....

.....

.....

Le nombre et l'emplacement des gares, stations et haltes seront arrêtés lors de l'approbation des projets définitifs. Il est toutefois entendu dès à présent qu'il sera établi des stations ou des haltes pour le service des voyageurs, *et des gares pour la réception et la livraison des marchandises*, suivant les indications ci-après :

1. Les blancs laissés dans l'article 10 seront remplis suivant le type de voie, de supports, d'éclissage, d'entretoisement, etc.

2. Cet article sera modifié dans le cas où l'on adoptera l'un des deux autres modes d'exploitation prévus par le règlement d'administration publique : arrêts en pleine voie sur tout le parcours ou arrêts seulement à des gares, stations ou haltes déterminées.

TITRE II

ENTRETIEN ET EXPLOITATION

Entretien.

ART. 12. — Sur les sections où la voie ferrée est accessible aux voitures ordinaires (sections à rails noyés dans la chaussée), l'entretien, qui est à la charge du concessionnaire, comprend le *pavage*[1] des entre-rails et de l'entre-voie, ainsi que les zones de cinquante centimètres (0 m 50) qui servent d'accotements extérieurs aux rails.

Une subvention de[2] *est allouée au concessionnaire sur les fonds d'entretien de la route*[3] *en raison de l'usure qui résultera de la circulation des voitures ordinaires sur la largeur de chaussée qui est affectée au service de la voie ferrée. Ce chiffre pourra être revisé tous les cinq ans.*

Réfection des parties de route ou de chemin atteintes par les travaux de la voie ferrée.

ART. 13. — Lorsque, pour la construction ou la réparation de la voie ferrée, il sera nécessaire de démolir des parties pavées ou empierrées de la voie publique situées en dehors des zones ou de l'accotement indiqués ci-dessus, il devra être pourvu par le concessionnaire à l'entretien de ces parties pendant une année à dater de la réception provisoire des travaux de réfection; il en sera de même pour tous les ouvrages souterrains.

Nombre minimum des voyages.

ART. 14. — Le nombre minimum des voyages qui devront être faits tous les jours, dans chaque sens, *sur la ligne entière*, est fixé à

Limitation de la vitesse et de la longueur des trains.

ART. 15. — Les trains se composeront de voitures au plus et leur longueur totale ne dépassera pas

La vitesse des trains en marche sera au plus de kilomètres à l'heure[4].

1. Ou *l'empierrement*.
2. Subvention à fixer dans chaque cas particulier.
3. Ou du chemin.
4. Aux termes des articles 30 et 33 du règlement d'administration publique sur les lignes de tramways à traction mécanique, la longueur des trains ne peut, en aucun cas, dépasser soixante mètres et la vitesse ne peut excéder vingt kilomètres à l'heure. L'article 15 a pour but de permettre à l'autorité concédante de réduire les maxima lorsqu'elle le croira nécessaire.

TITRE III

DURÉE ET DÉCHÉANCE DE LA CONCESSION

Durée de la concession.

ART. 16. — La durée de la concession *du réseau*[1] mentionné à l'article 2 du présent cahier des charges commencera à courir de la date du décret d'autorisation, et elle prendra fin le .

Expiration de la concession.

ART. 17. — A l'époque fixée pour l'expiration de la concession, et par le seul fait de cette expiration, l'*État* sera subrogé à tous les droits du concessionnaire sur la voie ferrée et ses dépendances, et il entrera immédiatement en jouissance de tous ses produits.

Le concessionnaire sera tenu de lui remettre en bon état d'entretien la voie ferrée et tous les immeubles faisant partie du domaine public qui en dépendent. Il en sera de même de tous les objets immobiliers dépendant de ladite voie, tels que les barrières et clôtures, les changements de voies, plaques tournantes, réservoirs d'eau, grues hydrauliques, machines fixes, bureaux d'attente et de contrôle, etc.

Dans les cinq dernières années qui précèderont le terme de la concession, l'*État* aura le droit de saisir les revenus du tramway et de les employer à rétablir en bon état la voie ferrée et ses dépendances, si le concessionnaire ne se mettait pas en mesure de satisfaire pleinement et entièrement à cette obligation.

En ce qui concerne les objets mobiliers tels que le matériel roulant, le mobilier des stations, l'outillage des ateliers et des gares, l'*État* se réserve le droit de les reprendre en totalité ou pour telle partie qu'il jugera convenable, à dire d'experts, mais sans pouvoir y être contraint. La valeur des objets repris sera payée au concessionnaire dans les six mois qui suivront l'expiration de la concession et la remise du matériel à l'*État*.

L'*État* sera tenu, si le concessionnaire le requiert, de reprendre en outre les matériaux, combustibles et approvisionnements de tout genre, sur l'estimation qui en sera faite à dire d'experts ; et réciproquement, si l'*État* le requiert, le concessionnaire sera tenu de céder ces approvisionnements de la même manière. Toutefois, l'*État* ne pourra être obligé de reprendre que les approvisionnements nécessaires à l'exploitation du tramway pendant six mois.

Les dispositions qui précèdent ne sont applicables qu'au cas où le *Gouvernement* déciderait que les voies ferrées doivent être maintenues en tout ou en partie.

1. Ou de la ligne.

Remise des lieux dans l'état primitif.

ART. 18. — Dans le cas où le *Gouvernement* déciderait, au contraire, que les voies ferrées doivent être supprimées en tout ou en partie, ces voies seront enlevées et les lieux seront remis dans l'état primitif, par les soins et aux frais du concessionnaire, sans qu'il puisse prétendre à aucune indemnité.

Rachat de la concession.

ART. 19. — L'*État* aura toujours le droit de racheter la concession.

Si le rachat a lieu avant l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, il se fera conformément au paragraphe 3 de l'article 11 de la loi du 11 juin 1880. Ce terme de *quinze* ans sera compté à partir de la mise en exploitation effective *du réseau entier*, ou, au plus tard, à partir de la fin du délai qui est fixé dans l'article 3 du présent cahier des charges, sans tenir compte des retards qui auraient eu lieu dans l'achèvement des travaux.

Si le rachat de la concession entière est réclamé par l'*État* après l'expiration des *quinze* premières années de l'exploitation, on règlera le prix du rachat, en relevant les produits nets annuels obtenus par le concessionnaire pendant les *sept* années qui auront précédé celle où le rachat sera effectué, et en y comprenant les annuités qui auront éte payées à titre de subvention; on en déduira les produits nets des *deux* plus faibles années, et l'on établira le produit net moyen des *cinq* autres années.

Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité qui sera due et payée au concessionnaire pendant chacune des années restant à courir sur la durée de la concession.

Dans aucun cas, le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des *sept* années prise pour terme de comparaison.

Le concessionnaire recevra en outre, dans les six mois qui suivront le rachat, les remboursements auxquels il aurait droit à l'expiration de la concession, suivant le quatrième et le cinquième paragraphe de l'article 17, la reprise de la totalité des objets mobiliers étant ici obligatoire dans tous les cas pour l'*État*.

Le concessionnaire ne pourra élever aucune réclamation dans le cas où, par suite d'un changement dans le classement des routes et chemins empruntés par la voie ferrée, une nouvelle autorité serait substituée à celle de qui émane la concession.

La nouvelle autorité aura les mêmes droits que celle qui a fait la concession.

Déchéance.

ART. 20. — Si le concessionnaire n'a pas remis au préfet tous les projets définitifs, ou s'il n'a pas commencé les travaux dans les délais fixés par l'article 3, il encourra la déchéance qui, après mise en demeure, sera prononcée par le ministre des travaux publics, sauf recours au Conseil d'Etat par la voie contentieuse.

Pages

§ II. — Chemins de fer à voie plus étroite que 1 mètre. — Lignes à voie de 0m 60. — Exemples. — La circulaire ministérielle du 12 janvier 1888. Son abrogation virtuelle 72

§ III. — Comparaison entre la voie de 1 mètre et la voie de 0m 60. Examen des principaux arguments produits en faveur de l'une et l'autre voie. Conférence de M. Coste. Brochure de M. Félix Martin. Réponse de M. Decauville. — Conclusions 78

LIVRE SECOND

INFRASTRUCTURE

CHAPITRE PREMIER. — *Étude du tracé* 101

Tracé. — Déclivités. — Courbes. — Étude du tracé des tramways. — Emplacement de la voie. — Emprunt de la voie des grandes lignes.

CHAPITRE II. — *Profil transversal* 111

§ Ier. — Lignes à voie de 1 mètre 111

§ II. — Lignes à voie de 0m 60 117

CHAPITRE III. — *Terrassements et ouvrages d'art. Clôtures et bornage. Dépenses de l'infrastructure* 120

Terrassements et ouvrages d'art. Possibilité de l'emploi des ponts suspendus. — Nouveau règlement pour le calcul des ponts métalliques. — Clôtures et bornage. — Dépenses de l'infrastructure. Lignes à voie de 1 mètre, tramways, lignes à voie de 0m 60.

LIVRE TROISIÈME

SUPERSTRUCTURE

CHAPITRE PREMIER. — *Voie et accessoires de la voie* 135

§ Ier. — Lignes à voie de 1 mètre. — Dispositions d'ensemble de la voie. — Rails. Type Vignole, type Bull-headed. — Éclissage et attache des rails. — Traverses. — Pose de la voie. Surécartement dans les courbes. Surhaussement du rail extérieur. Espacement des traverses. Inclinaison du rail. — Prix de la voie. — Voies spéciales des tramways. Voies à ornière. Voie Broca. Voie Humbert. Prix de revient. — Accessoires de la voie. Changements de voie. Plaques tournantes. Traversées de voies. Traversée à niveau des grandes lignes. — Résumé des prix d'établissement de la voie 135

§ II. — Lignes à voie de 0m 60. — Différents types de voie. Rails de 9 kilogr. 500, de 12 kilogr. et de 15 kilogr. — Traverses Péchot et Grille. — Prix des divers types de voie. — Accessoires de la voie 169

§ III. — Entretien de la voie. — Dressage et relevage de la voie. — Remplacement du matériel. — Renouvellement du ballast. — Personnel de l'entretien. — Méthodes employées 175

CHAPITRE II. — *Gares et stations* 178

§ Ier. — Dispositions d'ensemble. — Types à adopter. — Stations réduites pour tramways 178

Pages

§ II. — Bâtiments. — Dispositions à adopter. — Voyageurs, marchandises... 185

§ III. — Stations à service restreint du réseau d'Orléans. — Définition du service restreint. — Dispositions adoptées pour le réaliser..... 188

§ IV. — Gares de contact et de transbordement. — Différents modes de transbordement. — Exemples de gares de contact..... 194

§ V. — Alimentation des machines. — Pulsomètres. — Éjecteurs. — Pompes. — Grues-réservoirs. — Disposition d'un poste d'alimentation..... 199

§ VI. — Trafic probable d'une station et d'un chemin de fer. — Principales méthodes employées. — Méthodes Michel, Cossmann, Baume. — Nécessité d'une étude directe des ressources de la région traversée..... 209

CHAPITRE III. — *Signaux. — Dépenses de la superstructure*..... 213

Signaux. — Distance des disques au point à couvrir. Poteaux limites de protection des disques. Distance des disques aux stations. Cloches électriques. Calage des aiguilles. Indicateurs d'aiguille. — Convenance de l'emploi du téléphone. — Règlement relatif aux signaux sur les tramways de Loir-et-Cher. — Dépenses de la superstructure. Lignes à travers champs. Tramways. Lignes à voie de 0m 60.

LIVRE QUATRIÈME

MATÉRIEL ROULANT ET TRACTION. — RÉSUMÉ DES DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT D'UNE LIGNE A VOIE ÉTROITE

CHAPITRE PREMIER. — *Matériel roulant*..... 219

§ Ier. — Lignes à voie de 1 mètre. — Considérations générales. Écartement des essieux. Conicité des bandages. Maximum de charge par essieu. Tamponnement et traction. Freins. Nécessité du frein continu. — Matériel à voyageurs. Matériel articulé. Voitures sur bogies à deux essieux. Voitures sur bogies à un essieu. Matériel rigide. — Matériel à marchandises. Wagons portant 10 tonnes..... 219

§ II. — Lignes à voie de 0m 60. — Considérations générales. Défaut de stabilité du matériel. — Voitures à voyageurs. Matériel articulé. Matériel rigide. — Wagons à marchandises. Wagons à 2 essieux portant 3 à 5 tonnes. Wagons sur bogies portant 10 tonnes. Wagons pour le transport des bestiaux..... 238

CHAPITRE II. — *Traction*..... 244

§ Ier — Lignes à voie de 1 mètre.

Résistance des trains et charge des machines. — Résistance du train seul. Formules de Harding, des ingénieurs de l'Est, de M. Desdouits. — Résistance totale d'un train. — Effort de traction de la locomotive. Formule générale $F = 0{,}65 \frac{pd^2l}{D}$. — Adhérence. — Calcul des charges remorquées. Méthode pratique. Application des formules de la Compagnie P.-L.-M..... 244

Types de locomotives. — Machines fortes. Machines à 3 essieux accouplés et train de Bissel. — Machine Compound articulée, système Mallet. — Machines moyennes. — Machines faibles. Machines de tramways..... 255

§ II. — Lignes à voie de 0m 60.

Types de locomotives. — Machines de 7 à 10 tonnes à vide et de 8 à 13 tonnes en charge, portées par 3 ou 4 essieux. — Machines Compound articulées, système Mallet. — Machines du système Péchot-Bourdon..... 270

Pages

CHAPITRE III. — *Voiture automotrice pour tramways* 279
Voiture Rowan. — Son emploi sur différents tramways à l'étranger et sur la ligne de Tours à Vouvray. — Machine à vapeur Rowan pour voitures à 60 places. — Application de ce système aux tramways régionaux.

CHAPITRE IV. — *Résumé des dépenses d'établissement d'un chemin de fer à voie étroite* 289
§ Ier. — Lignes à voie de 1 mètre. — Dépense du matériel roulant. Dépense d'établissement d'un chemin de fer. — Exemples 289
§ II. — Lignes à voie de 0m 60. — Dépense du matériel roulant. Dépense d'établissement d'un chemin de fer. — Exemples 292

LIVRE CINQUIÈME

EXPLOITATION

CHAPITRE PREMIER. — *Exploitation technique* 295
Organisation des services. — Entretien de la voie. — Traction. — Mouvement et service des gares. Le service des marchandises sur les tramways. L'exploitation des gares de transbordement. Vitesse des trains. — Dépenses de l'exploitation. — Le service du contrôle.

CHAPITRE II. — *Exploitation commerciale* 310
Les tarifs. — Les frais accessoires. — Frais de transbordement. Arrêté ministériel du 8 mars 1890. — L'impôt sur la grande vitesse. La réforme de 1892.

CHEMINS DE FER EXCEPTIONNELS

CHAPITRE PREMIER. — *Chemins de fer à crémaillère* 321
Considérations générales. — Historique. — Crémaillère. Systèmes Riggenbach, Abt et Locher. — Attaches de la crémaillère. — Appareils de changement de voie. — Entrée de la crémaillère. — Systèmes Riggenbach et Abt. — Tracé. Courbes. Déclivités. — Machines simples, mixtes, à deux mécanismes. — Matériel — Dépenses de construction.

CHAPITRE II. — *Chemins de fer funiculaires* 343
Considérations générales. Historique. — Classification. — Chemins de fer à mouvement alternatif. — Chemins de fer à câble continu et à véhicules indépendants.

ANNEXES

ANNEXE A. — *Calcul de la résistance des rails pour lignes à voie étroite* 353

ANNEXE B. — *Compagnie de chemins de fer départementaux. Instruction pour la pose des voies en rails Vignole* 359
§ Ier. — Description de la voie 359
§ II. — Sabotage des traverses 366
§ III. — Pose de la voie 367

Pages

ANNEXE C. — *Instruction pour la pose de la voie sur les tramways de Loir-et-Cher*.. 371
Chap. Ier. — Description de la voie..... 371
Chap. II. — Composition de la voie..... 373
Chap. III. — Sabotage des traverses..... 378
Chap. IV. — Pose de la voie..... 380
Chap. V. — Opérations diverses sur les rails au moment de la pose..... 386

ANNEXE D. — *Frais de transbordement. Décision ministérielle*..... 389

ANNEXE E — *Pénétration d'une ligne à voie étroite à l'intérieur d'une ligne à voie normale*..... 393

DOCUMENTS OFFICIELS

1° Loi du 11 juin 1880..... 395
2° Décret du 18 mai 1881, sur la forme des enquêtes en matière de chemins de fer d'intérêt local..... 403
3° Décret du 6 août 1881 (Établissement et exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques)..... 407
4° Cahier des charges type (6 août 1881) pour la concession des chemins de fer d'intérêt local..... 427
5° Cahier des charges type (6 août 1881) pour la concession des tramways..... 458
6° Décret du 20 mars 1882 portant règlement d'administration publique pour l'exécution des articles 16 et 39 de la loi du 11 juin 1880..... 476
7° Décret du 23 décembre 1885, modifiant l'article 8 du précédent..... 480
8° Circulaire ministérielle du 26 septembre 1887 (Calcul de la subvention de l'État).. 481

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

89090511726

b89090511726a